

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'AQUACULTURE MARINE
EN EAU RECHAUFFEE

- : o : -

T H E S E

présentée

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 3 juin 1981

pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

par

PHILIPPE ROZIE

né le 20 juin 1956
à Ste Collombe (Rhône)

- : o : -

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'AQUACULTURE MARINE
EN EAU RECHAUFFEE

— : o : —

T H E S E

présentée

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 3 juin 1981

pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

par

PHILIPPE ROZIE

né le 20 juin 1956
à Ste Collombe (Rhône)

— : o : —



A Messieurs les membres du jury

Monsieur le professeur Bertoye

Monsieur le professeur Froget

Monsieur le maître de conférence Keck

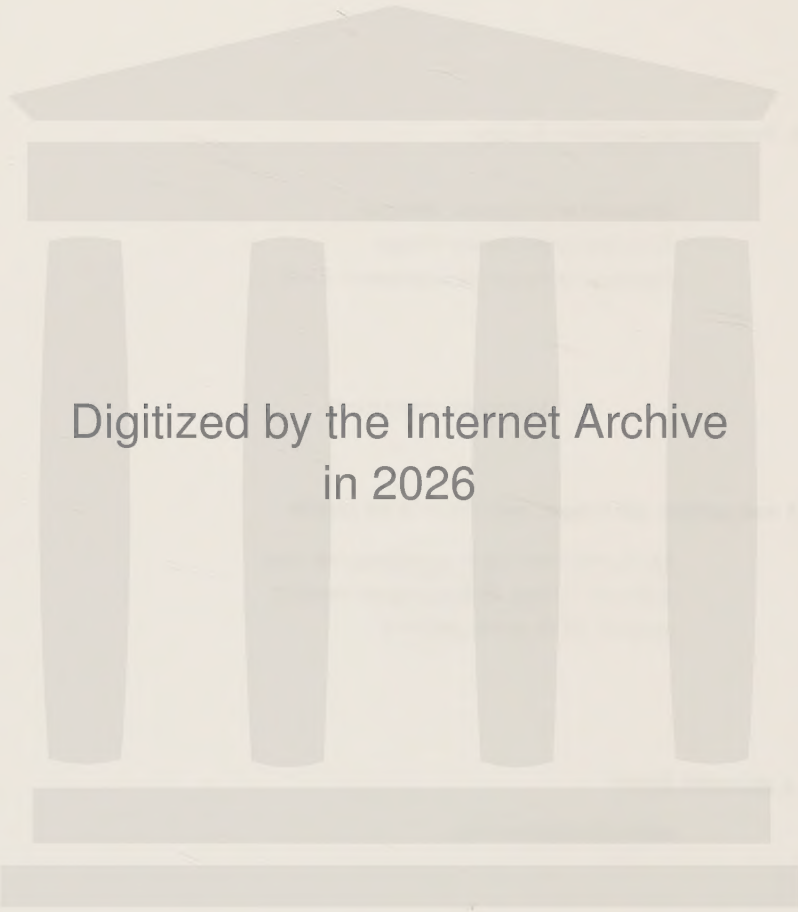
Hommages respectueux

A mes parents, ma femme, mon fils et à ma famille

*Qu'ils reçoivent ici le témoignage de mon
affection et mes sincères remerciements
pour ce qu'ils m'ont apporté.*

A Monsieur Brunel

pour sa collaboration.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554221_0001

1.12.1950

ETAT DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT EN FONCTION A L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur : Professeur Ph. COTTEREAU

C H A I R E S	Professeurs	Professeurs sans chaire	Maîtres de conférences 11 postes	Maîtres Assistants Agrégés	Maîtres Assistants 20 postes	Assistants
Alimentation	-	M. JEAN-BLAIN	-	-	-	H. GRANCHER
Anatomie	M. BARONE	-	-	-	M. DEMOIX	M. DELTOUR
Chirurgie	M. COULON	M. LE NIHOUANEN	-	-	M. FAU	H. DULAC
Histologie - Anatomie pathologique	M. TISSEUR	M. CASTELLU	-	-	-	Mme CHIFFAIS G. R. A. G. H.
Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale	M. CHANTECRELET	-	-	-	M. DEMONT	H. DROHIGNY
Maladies contagieuses	M. JOUBERT	M. PRAVE	-	-	M. CHOMEL	H. DUCLOS
Parasitologie	M. EUZEBY	-	M. GEVREY	-	Mme CHAUVÉ	H. NGO TAN H
Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie	M. OUDAR	-	M. RICHARD	-	M. EUZEBY	H. GUERIN
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	M. COTTEREAU	-	Mme BRUGERE	-	-	R. THIN
Pathologie médicale des équidés et des carnivores	M. FONTAINE	M. LAPRAS	-	M. LECEAY	-	H. EOUVIER
Pathologie de la reproduction	M. BERTRAND	M. DESCHANEL	-	-	Mme RACHAIL	M. PEPIN
Pharmacie-Toxicologie	M. LORQUE	-	M. KECK	-	M. JAUSSAUD	Mme PEPIN
Physiologie	M. BOST	M. BOIVIN	-	-	-	H. THIEBAULT
Physique-Chimie	M. DELATOUR	-	-	-	M. GARNIER	Mlle MARTIN
Zootechnie	M. FROGET	-	M. FRANCK	-	Mlle COURSAT	-
C.F.T.S.V.	M. FLACHAT	-	-	-	-	-
	14	7	5	1	10	14

Maîtres Assistants : 20 postes budgétaires (15 postes "organiques" soit 1 par Chaire

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

Chapitre I - AQUACULTURE MARINE : NAISSANCE ET EVOLUTION

A/ Historique	2
---------------------	---

B/ Intérêt économique	3
-----------------------------	---

C/ Caractéristiques et utilisations des sources d'eau réchauffée

1— Nature et caractéristiques des sources d'eau réchauffée

a) les sources	5
b) caractéristiques physicochimiques.	5

2— Les principales utilisations

a) le chauffage urbain	7
b) agriculture.	8
c) aquaculture	8

3— Les exemples étudiés

a) Site de Martigues.	9
b) Site de Lavéra.	9

Chapitre II - INFLUENCE DE LA TEMPERATURE ET DE LA DURÉE D'ECLAIRAGE

A/ Caractéristiques métriques permettant l'étude de la croissance et de la maturité des animaux

1— La taille et le poids

a) longueur totale maximale (lt)	11
b) longueur standard	11
c) longueur céphalique	11
d) hauteur du corps.	11
e) poids total éviscéré	11

f) relation taille-poids	12
2— Le rapport gonadosomatique RGS (Bougis).	12
3— Le rapport hépatosomatique et l'adiposité.	12
4— Etude de l'âge	
a) mesures otolithométriques	13
b) mesures scalimétriques	13
 B/ Influence sur le milieu d'élevage	
1— La salinité	13
2— Le PH	14
3— Les gaz dissous	
a) l'oxygène et l'azote	16
b) Le gaz carbonique	16
4— Les polluants	
a) Les métaux lourds	17
b) Le Chlore	17
5— La faune et la flore	17
 C/ Influence sur la physiologie des poissons	
1— Influence sur la croissance des jeunes et des adultes	
a) La théorie	20
b) En pratique	21
2— Influence sur la reproduction.	24
3— Influence sur l'incubation et le développement larvaire	26

Chapitre III - LES ESPECES ELEVEES

A/ Le Bar : *Dicentrarchus labrax*

1— Morphologie	30
2— Biologie	30

B/ La daurade royale : *Sparus auratus*

1— Morphologie	31
---------------------------------	----

2– <i>Biologie</i>	31
C/ La tortue verte : <i>Chelydonia mydas</i>	32
D/ Les crustacés	
1– <i>La crevette bouquet</i>	33
2– <i>La crevette rose</i>	33

Chapitre IV - LES PROCEDES D'ELEVAGE

A/ Organisation générale des installations

1– <i>La centrale thermique</i>	34
2– <i>La station de pompage</i>	34
3– <i>Réchauffage supplémentaire par pompe à chaleur</i>	35
4– <i>Les bassins d'élevage</i>	35
5– <i>Les stations d'épuration</i>	
a) Le bassin de filtration passive	35
b) Les bassins de dépollution dynamique	36

B/ Les reproducteurs et la reproduction

1– <i>Les individus</i>	
a) Provenance	37
b) Taille	38
2– <i>Les bassins</i>	
a) Volume	38
b) la température	38
c) la charge	38
3– <i>L'alimentation</i>	39
4– <i>La ponte</i>	
a) Physiologie	40
b) L'induction	40
c) Les oeufs	41
5– <i>La fécondation</i>	41
6– <i>Récupération des oeufs</i>	42

C/ L'incubation

1— <i>Le milieu d'élevage</i>	43
2— <i>Les incubateurs</i>	
a) Incubateurs pour oeufs benthiques	43
b) Incubateurs cylindroconiques	43
c) filets plongés dans les bassins d'élevage larvaire . . .	44
3— <i>Les résultats</i>	44

D/ L'élevage du stade larvaire

1— <i>Evolution des larves</i>	44
2— <i>Conditions d'élevage</i>	45
3— <i>L'alimentation</i>	
a) élevage de rotifères	46
b) élevage de crustacés.	46
c) culture de phytoplancton	46
d) conduite pratique	47
4— <i>Les résultats obtenus</i>	47

E/ Le grossissement

1— <i>Croissance et évolution</i>	48
2— <i>Les bassins d'élevage</i>	48
3— <i>Charge et alimentation</i>	49
4— <i>Les résultats obtenus</i>	49

Chapitre V - PATHOLOGIE - THERAPEUTIQUE ET CONDUITE SANITAIRE

A/ Pathologie

1— <i>Température et réponse immunitaire</i>	50
2— <i>Les infections virales</i>	50
3— <i>Les maladies bactériennes</i>	
a) Septicémie aiguë	53
b) Ulcérations dermiques et nécrose de la queue . . .	55
c) Autres maladies bactériennes.	55

4— Les maladies parasitaires

a) Les maladies fongiques	56
b) Les protozoaires	56
c) Les trématodes	59

5— Les autres maladies

a) Excès d'éclairage	60
b) Autointoxication	60
c) Maladie des « bulles de gaz »	60

B/ Thérapeutique et conduite sanitaire

1— Les mesures hygiéniques

a) La désinfection	62
b) La diète.	62

2— Les traitements médicamenteux

62

Conclusions

Bibliographie

INTRODUCTION

De nos jours, la production de protéines alimentaires dans un monde en perpétuelle croissance démographique est un grave problème.

Dans les pays en voie de développement, on recherche en effet une source de protéines de base pour équilibrer les régimes alimentaires, dans les pays industrialisés, on recherche des produits de haute qualité gustative.

Les organismes aquatiques, les poissons en particulier, ont un coefficient de transformation élevé. L'aquaculture pourrait donc résoudre, en partie, le problème posé par le déficit en protéines et la baisse des stocks de pêche.

Grâce à l'utilisation des eaux de refroidissement de grands complexes industriels et à une meilleure connaissance du monde aquatique, les experts pensent pouvoir décupler le tonnage de poisson produit par l'aquaculture d'ici l'an 2 000.

Nous nous proposons d'étudier, dans cet exposé, l'utilisation en aquaculture marinée des eaux réchauffées et d'en dégager d'une part l'intérêt scientifique et d'autre part l'intérêt économique. Les installations de Martigues seront prises comme exemple dans cette étude.

Chapitre I - AQUACULTURE MARINE : NAISSANCE ET EVOLUTION

Définition

L'aquaculture marine peut se définir comme étant la culture ou l'élevage d'organismes végétaux ou animaux en milieu marin. Elle se distingue de la pêche par l'intervention de l'homme au niveau de la reproduction ou de la croissance de ces organismes.

Dans cet exposé, nous nous proposons d'étudier les avantages et les inconvénients du réchauffement artificiel du milieu d'élevage. Cette augmentation de température peut être obtenue soit par l'utilisation de chaudières dont le coût de fonctionnement est très élevé, soit par la récupération des eaux utilisées pour le refroidissement de diverses installations industrielles et que l'on appelle les "eaux réchauffées".

A/ HISTORIQUE

L'aquaculture est connue depuis fort longtemps. Bien avant Jésus-Christ, les japonais élevaient déjà l'huître, les chinois connaissaient l'élevage de la carpe.

En France, l'élevage de la carpe, le premier réglementé par Charlemagne, fut florissant jusqu'au XVIIème siècle pour s'estomper par la suite.

L'élevage de poissons marins est plus récent. Il fut décrit pour la première fois chez les Romains. Ceux-ci utilisaient des bassins communiquant avec la mer par des canaux qui assuraient un renouvellement constant de l'eau des bassins d'élevage.

A la fin du XIXème siècle, Dubish et Suta firent des études approfondies sur de nombreuses espèces aquatiques. Ces recherches permirent une meilleure conduite des piscicultures et l'élevage de nouveaux poissons.

Les premiers élevages en eau réchauffée artificiellement ont été tentés au Japon où l'on a beaucoup étudié la croissance, la reproduction de la dorade et de la sériole. En particulier, l'exemple de la centrale de Tsuruga est très intéressant : on y élève des dorades en cages flottantes dans une baie alimentée en eau chaude par une centrale atomique.

Aux Etats-Unis, on étudie surtout la croissance du poisson-chat (*Ictalurus punctatus*). En France, à la centrale nucléaire de Saint-Laurent des eaux, l'Electricité de France fait des tentatives d'élevage intensif en eau douce réchauffée pour la carpe (*Cyprinus carpio*), les carpes chinoises (*Cteno pharyngorton idella* et *Hypophtalmychtis molitrix*), l'anguille (*Angilla angilla*). Les résultats obtenus dans ce domaine ont permis des essais en milieu marin avec des espèces comme le loup (*Dicentrarchus* ou *Morone labrax*) la dorade royale (*Sparus auratus*) notamment sur le site de Martigues.

Ces nouvelles méthodes d'élevage ont permis une production de type intensif qui se caractérise par une importante charge en individus en fonction du volume d'eau disponible. Elles entraînent la naissance d'une nouvelle pathologie de groupe qui est de nos jours bien mal connue.

B/ INTERET ECONOMIQUE

Malgré l'amélioration des moyens de repérage des bancs de poissons, le volume des pêches en mer est légèrement décroissant au cours de la dernière décennie. Les chalutiers sont de véritables usines, il doivent pêcher de plus en plus loin et de plus en plus longtemps pour rentabiliser l'investissement. Etant donné le coût croissant des sources d'énergie l'aquaculture marine peut donc être un moyen de substitution. Elle nécessite un investissement important pour la construction de bassins suffisamment étendus mais le coût d'entretien est faible. Les produits d'un tel élevage peuvent entrer en concurrence de prix mais aussi de qualité avec les produits de la pêche.

Une meilleure connaissance de la physiopathologie des animaux utilisés permettra sans doute dans les années à venir un meilleur rendement et donc un coût de revient nettement inférieur.

La production en captivité d'oeufs et d'alevins peut d'autre part servir à réensemencer des zones littorales protégées, permettant ainsi un renouvellement de la faune aquatique. Il apparaît qu'un tel apport est de nos jours nécessaire pour éviter la disparition d'un grand nombre d'espèces.

Le poisson est l'un des animaux dont l'indice de transformation est le plus fort. Lecomte (INRA) a en effet évalué que l'ingestion d'une mégacalorie pouvait donner naissance à 2 g de protéines de vache, 6 g de protéines de porc, 10 g de protéines de poulet et 20 g de protéines de poisson.

Ce rendement élevé est dû à deux caractéristiques :

- il est poïkylotherme donc il a peu de dépenses énergétiques,
- l'eau a une densité voisine de la sienne, il a donc peu de structures de soutien par rapport à la masse musculaire.

C/ CARACTERISTIQUES ET UTILISATIONS DES SOURCES D'EAU RECHAUFFEE

Le réchauffement artificiel du milieu d'élevage par un système de chaudière ou de pompe à chaleur n'est réalisable que dans le cadre d'une expérimentation car son coût de revient est très élevé.

La nature industrielle des eaux réchauffées leur confère un certain nombre de caractéristiques que nous allons étudier avant d'envisager brièvement les utilisations qui rentrent en concurrence avec l'aquaculture. Enfin, nous verrons quels ont été les exemples choisis pour diriger notre étude.

1° Nature et caractéristiques des sources d'eau réchauffée

a) les sources

Les centrales nucléaires utilisent une quantité d'eau très importante pour le refroidissement de leurs réacteurs (de l'ordre de 50 m³/seconde). Ce sont les plus gros producteurs d'eau réchauffée. Les centrales thermiques au fuel présentent les mêmes caractéristiques et lorsqu'elles sont installées au bord de la mer comme à Martigues, Dunkerque et Le Havre, leurs effluents sont d'origine marine. L'industrie pétrochimique et les raffineries de pétrole sont pour la plupart installées sur les côtes pour permettre l'accès et les livraisons par les pétroliers géants.

Il y a donc dans ces zones maritimes possibilité de récupérer des quantités très importantes d'énergie à bas niveau.

b) caractéristiques physicochimiques

- La température de l'eau récupérée directement dans le rejet de ces complexes industriels est normalement inférieure à 35° C. L'énergie ainsi recueillie est donc de médiocre qualité et peu utilisable. Les températures optimales en aquaculture dépendent bien évidemment des espèces employées, mais on ne peut tolérer dans tous les cas qu'une faible déperdition de chaleur pendant le transport, d'où la proximité nécessaire de la station d'élevage et de l'usine.

Le rejet ayant un débit constant, l'eau réchauffée présente un écart de température avec le milieu de pompage variant entre 0° et + 10° C selon l'intensité du fonctionnement du complexe industriel.

La pompe électrique aspire une eau de surface dont la température subit de fortes variations en fonction des conditions climatiques. Au site de Martigues, en particulier, le mistral provoque une remontée des courants de fond plus froids en chassant la couche superficielle plus chaude. Ces phénomènes peuvent entraîner dans la nuit, des écarts d'une dizaine de degrés. Il est donc nécessaire de disposer de moyens complémentaires, des pompes à chaleur par exemple, pour diminuer les variations brusques de température à l'intérieur de l'élevage.

- D'après la provenance littorale de cette eau, on peut avoir une pollution chimique par des hydrocarbures ou des détergents, et la contamination bactérienne par la proximité des égouts urbains.

Il faut craindre la présence de métaux lourds toxiques et d'une grande quantité de dérivés halogénés. Les centrales utilisent en effet une addition soit périodique soit continue de chlore afin d'éviter le dépôt dans leur canalisation l'algues et de crustacés.

Un certain nombre d'éléments secondaires conditionnent la croissance de la flore et de la faune. Il s'agit en particulier du fer qui intervient comme facteur de transformation, du carbone dont la concentration est assez stable et voisine de 1,5 g/m³ et du phosphore. Une étude de la qualité de l'eau au point de pompage devra être faite systématiquement afin d'assurer un apport suffisant en ces divers composants.

Lors du passage sur les échangeurs de chaleur, une grande quantité du réfrigérant s'évapore, ce qui implique une élévation de la salinité. La teneur normale en sel doit être comprise entre 34,7 et 37,5 pour mille. Nous verrons cependant qu'en aquaculture, un abaissement jusqu'à 25 pour mille peut être favorable au développement de certains stades mais dans tous les cas une salinité trop forte ou des variations trop rapides peuvent entraîner de la morbidité et même de la mortalité dans l'élevage. C'est pourquoi un apport d'eau douce qui subira les mêmes opérations de dépollution, est nécessaire en complément à l'eau salée réchauffée.

- Les gaz dissous sont les gaz de l'air dont les plus abondants sont l'oxygène, l'azote et le gaz carbonique. Dans les conditions naturelles, les pressions partielles de chacun sont variables. Au large, la teneur en oxygène de l'eau de surface est d'environ 6 cm³ par litre, ce qui est voisin de la saturation. Cette concentration est constante jusqu'à une profondeur d'environ 50 mètres pour diminuer ensuite. Dans les océans, cette teneur augmente à nouveau à partir d'une profondeur de 1 000 m. Dans les bassins fermés, elle diminue progressivement jusqu'au fond où l'on observe une teneur en hydrogène sulfuré (H₂S) plus ou moins importante selon la microflore.

La nature des eaux réchauffées entraîne des variations de ces proportions.

D'une manière générale, la solubilité des gaz diminue avec la température et la concentration en sels dissous. La teneur en ammoniacque et en gaz carbonique dissous varient selon le degré de chauffage, le pH et l'activité biologique de la flore.

- Le pompage doit s'effectuer dans des zones reconnues salubres sur le plan de la pollution microbienne. Le passage dans les diverses installations entraîne une élimination partielle de la flore et de la faune du fait de l'addition de chlore.

L'emploi de l'eau de mer comme réfrigérant entraîne donc des modifications importantes de ses caractéristiques physico-chimiques. Nous verrons dans un autre chapitre les conséquences de telles modifications sur la biologie des espèces élevées.

2° Les principales utilisations

Les sources d'eau réchauffée peuvent être utilisées pour le chauffage urbain, en agriculture et en aquaculture. Actuellement, ces divers modes de récupération énergétique ne sont pas concurrentiels car la production est nettement supérieure à la demande. Etant donnée la politique actuelle d'économie d'énergie, il est possible que la situation change dans les années à venir.

Tous les moyens de transformation ont des points communs :

- ils doivent se situer à proximité des sources car la température assez basse de ces eaux ne permet pas un transport de longue durée.

- ils doivent se contenter d'une température d'eau assez faible et disposer de moyens de remplacement lors des chutes importantes de production.

a) Le chauffage urbain

Les centrales nucléaires et les industries chimiques libèrent suffisamment de chaleur pour chauffer les grandes villes. Généralement ces centres producteurs sont éloignés des agglomérations et l'eau ainsi fournie a une température de 20° C en été et de 10° C en hiver. Elle n'est pas directement utilisable; il faut installer des pompes à chaleur pour disposer d'une eau de 70 ° C à 100° C.

Le réseau de distribution représente un lourd investissement, un réseau primaire de plusieurs dizaines de kilomètres doit souvent être installé. Des essais dans ce domaine sont réalisés actuellement à Grenoble, Gargenville et Valenciennes.

b) agriculture

Ce domaine est incontestablement celui où la récupération d'eau réchauffée est la plus intéressante. Dans les serres, on peut faire circuler l'eau chaude dans des tuyaux de surface ou même la faire ruisseler à la surface des parois. La température obtenue à l'intérieur n'est inférieure que de 3 à 5° C par rapport à celle du ruissellement. On peut obtenir :

- des serres chaudes pour les plantes tropicales (entre 20 et 35° C)
- des serres tempérées pour les fleurs (entre 12° et 25° C)
- des serres pour obtenir des légumes toute l'année à une température optimale pour la croissance du végétal considéré (15° C dans le cas de la laitue par exemple).

c) aquaculture

C'est ce domaine qui va nous intéresser dans notre exposé. L'utilisation des eaux réchauffées pourraient alors :

- allonger dans le temps les cycles de croissance de certains animaux qui présentent en France un arrêt de croissance pendant la période hivernale.
- améliorer la vitesse de croissance de ces animaux en recherchant la température optimale pour leur développement. Celle-ci est souvent différente de celle existant sous nos latitudes.
- permettre l'élevage de poissons ou crustacés ne vivant pas dans notre pays et que l'on trouve difficilement sur le marché. On peut alors espérer sélectionner des animaux à croissance plus rapide ou d'autres espèces résistantes à certaines agressions liées à la vie captive.
- rentabiliser des élevages existants dont le budget énergétique est de plus en plus lourd.
- permettre le passage d'un élevage extensif à un type de production intensive dans des étendues d'eau naturelles ou artificielles.

- éviter le rejet de calories polluantes dans les rivières ou lagunes à proximité des industries.

Les avantages sont donc multiples et diversifiés, c'est pourquoi de nombreux industriels s'intéressent de près à l'aquaculture depuis quelques années.

3° Les exemples étudiés

Le choix parmi les élevages en eau de mer réchauffée est facile car les exemples français sont peu nombreux. Etant donné le volume des bassins et le taux de renouvellement nécessaire, il faut une quantité très importante d'eau. Les installations sont situées à proximité de la mer car la reconstitution du milieu marin représenterait un coût trop important et de mauvaises conditions d'élevage. Il faut disposer également d'une quantité de calories très importante, donc se trouver à proximité d'un grand complexe industriel.

a) Site de Martigues

Les essais effectués en bassin à Martigues utilisent les eaux de refroidissement de la centrale électrique thermique de Ponteau. Ils présentent, à nos yeux, le grand intérêt d'être passés dernièrement du stade expérimental au stade de production. Ceci permet d'étudier d'une part les problèmes biologiques posés par un tel élevage et d'autre part, les problèmes de rentabilité et de débouchés sur un commerce local alimenté par la pêche.

b) Site de Lavéra

Il s'agit d'un projet à l'étude à l'usine pétrochimique de Lavéra. On y réalise le raffinage du pétrole brut. Ceci consiste essentiellement en une séparation par distillation de ses différents composants qui vont donner des gaz, des essences de qualité différente des gaz oil et des fuel oil. Les distillations se font dans de grandes colonnes où les produits doivent être chauffés au bas puis refroidis au sommet. Ce refroidissement s'effectuait autrefois à l'eau et se fait désormais sur des réfrigérants à air. Cela évite les risques de pollution de l'eau mais les opérations de distillation entraînent la dégradation de quantité d'énergie importante. Il y a donc possibilité de récupérer ces calories de bas niveau pour le

CARTE DE LA REGION DE MARTIGUES

ARLES

SAISON DE PROVENCE

RHÔNE

ÉTANG
VALLÉES

FOC

GOLFE de
FOC

MARTIGUES

ÉTANG
DE BERRÉ

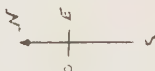
MARTIGNANE

LAVERA

PONTEAU

MARSEILLE

MEDITERRANÉE



réchauffement d'eau de mer et l'élevage d'un certain nombre d'espèces marines.

Cette réalisation permettrait le grossissement en bassin des alevins fournis par l'élevage du premier site qui ne dispose pas d'espace suffisant pour le développement des animaux juvéniles.

Ces deux exemples montrent deux orientations fondamentales que peut prendre un tel type d'élevage : le premier dispose de personnel qualifié mais de peu de place, il se spécialisera dans la production des alevins ; le deuxième dispose de bassins vastes mais de peu de personnel qualifié, il permettra la croissance des alevins fournis et sélectionnés par le premier.

Remarque

Nous verrons dans notre exposé quelles sont les espèces utilisées dans ce type d'élevage, mais il faut noter que la mieux connue est celle du Bar (*Morone labrax*). Nous choisissons donc cette espèce comme guide dans la suite de notre étude.

Chapitre II - INFLUENCE DE LA TEMPERATURE ET DE LA DUREE D'ECLAIRAGE

Nous verrons dans ce chapitre successivement les influences que peuvent avoir la photopériode et la température sur le milieu d'élevage et la sensibilité des animaux aux agents pathogènes, sur la physiologie et sur la pathologie d'une espèce prise comme exemple (le Bar). Mais auparavant, il nous faut définir un certain nombre de paramètres nécessaires à cette étude.

A/ CARACTERISTIQUES METRIQUES

Caractéristiques métriques permettant l'étude de la croissance et de la maturité des animaux.

La définition et l'étude d'un certain nombre de caractères permettent de suivre les transformations morphologiques qui interviennent sur un individu et sur tout un élevage.

1° Taille et poids

Nous allons définir les valeurs suivantes :

a) longueur totale maximale (lt)

Il s'agit de la distance entre l'extrémité de la tête, bouche fermée à l'axe médian de la nageoire caudale.

b) Longueur standard

Mesurée de la bouche fermée à la fin de la partie charnue du pédoncule caudal, marquée par une diminution nette de la taille des écailles.

c) Longueur céphalique

Part de la bouche fermée au bord membraneux de l'opercule.

d) Hauteur du corps

Prise à l'origine de la nageoire dorsale (la première s'il y en a deux).

e) Poids total éviscéré

Le poids de l'estomac est très variable, c'est pourquoi il convient de toujours éviscérer l'animal avant d'étudier son poids.



FIG I LE BAR : DICENTRARCHUS LABRAX

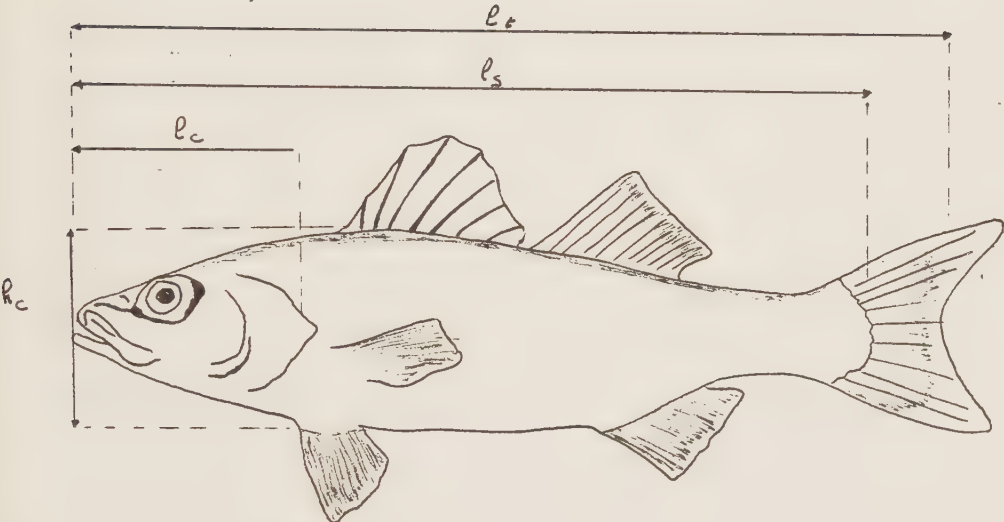
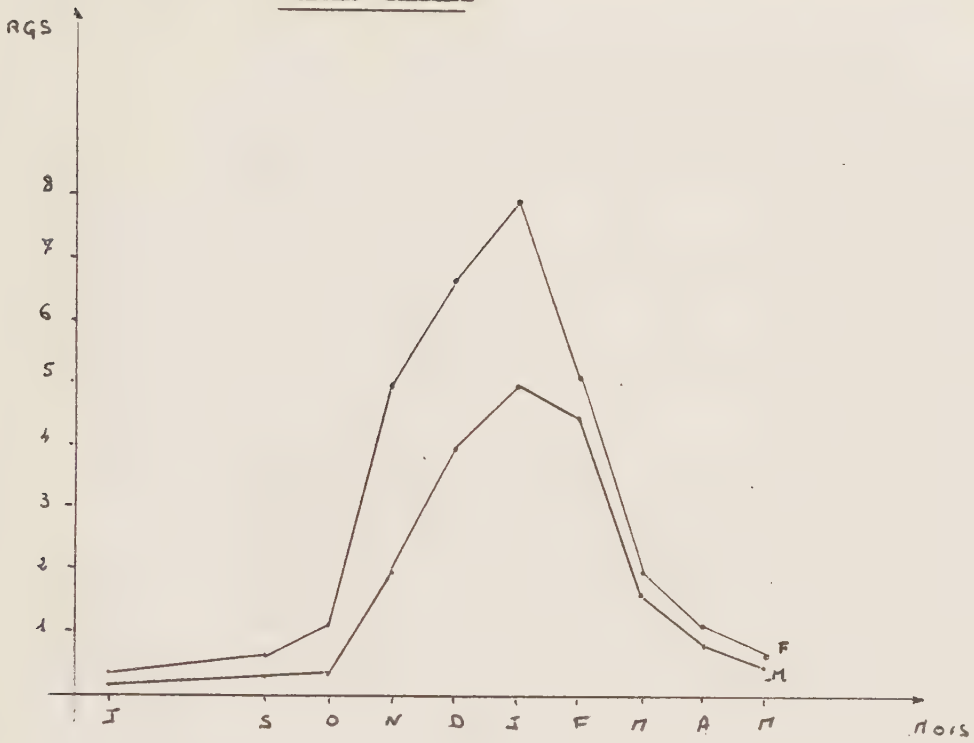




FIG II EVOLUTION MENSUELLE DU RAPPORT GONADO-SOMATIQUE CHEZ UN BAR ADULTE

D'APRES BARNABE



f) Relation taille poids

Elle est donnée par le coefficient de condition qui indique l'état d'entretien des poissons. Cette valeur est donc très importante à suivre pour évaluer les conditions d'élevage.

$$K = \frac{100 \times Pg}{L} \quad \text{où } L \text{ est la longueur standard en cm}$$

2° Le rapport gonadosomatique RGS (Bougis)

Il permet l'étude de la maturité sexuelle en fonction des saisons, l'éleveur peut alors fixer la période optimale de reproduction. Son évolution montre une relation avec l'âge et la taille d'un animal. On a ainsi montré qu'un Bar mâle était fécond pour une longueur fixe de 27 cm et la femelle pour une taille de 34 cm quelle soit leur âge.

$$RGS = \frac{Pg \times 100}{Pt} \quad \begin{array}{l} \text{où } Pg \text{ représente le poids des gonades} \\ \text{en grammes} \\ Pt \text{ le poids total éviscéré en} \\ \text{grammes} \end{array}$$

3° Le rapport hépatosomatique et l'adiposité

$$RHS = \frac{\text{Poids du foie} \times 100}{Pt}$$

Chez le mâle les mesures montrent que ce rapport suit exactement les variations du rapport gonadosomatique (RGS) alors que chez la femelle il augmente comme le RGS jusqu'à la ponte où il a une valeur moyenne, puis il augmente beaucoup après celle-ci pour rediminuer ensuite.

L'activité hépatique est liée à la croissance des organes génitaux. Chez la femelle, la résorption de nombreux ovocytes explique l'augmentation du RHS après l'ovulation. Les matières grasses du corps sont utilisées dans la synthèse des gamètes, l'adiposité varie d'une manière inversement proportionnelle au RGS.

4° Etude de l'âge

Elle sert à évaluer l'âge des animaux sauvages capturés et celui des élevés afin de pouvoir calculer le gain de croissance

obtenu par les nouvelles méthodes d'élevage.

a) mesures otolimétriques

Chez les poissons Téléostéens, il existe une formation cartilagineuse (les otolithes) située dans les saccules du labyrinthe. Leur forme est elliptique mais avec l'âge, les bords deviennent crénelés. En hiver, la croissance est lente, on observe un dépôt opaque alors qu'en été, le dépôt est hyalin.

b) mesures scalimétriques

Chez le Bar, les écailles sont de type cténoïdes et de forme quadrangulaire. Le champ postérieur est couvert d'épines alors que sur le champ antérieur, on observe les radii convergents vers le centre de l'écaille. On étudie les cercles ou anneaux concentriques concaves vers l'arrière, qui entrecoupent ces radii.

Les écailles sont prélevées sous la ligne latérale au niveau de la première nageoire dorsale. La lecture se fait à la loupe, l'écaille étant plongée dans l'eau et recevant une lumière à jour frisant.

B/ INFLUENCE SUR LE MILIEU D'ELEVAGE

Dans ce paragraphe, nous envisagerons les modifications apportées sur les conditions d'élevage par les variations artificielles de la température et de la photopériode en montrant les conséquences favorables ou néfastes sur la biologie du poisson.

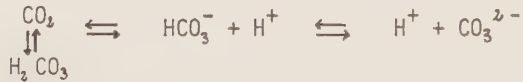
1° La salinité

Dans le milieu naturel, elle subit des variations très lentes en fonction de la saison. L'été, sa valeur est de 35 à 38 ‰ et l'hiver, de 33 à 34 ‰. L'élévation de la température dans les bassins et le recyclage d'environ 1/3 du volume entraînent l'évaporation d'une masse assez importante d'eau et une teneur en sel trop élevée. Certains poissons supportent plus ou moins bien les variations. Le Bar, poisson euryhalin, les supporte assez bien, dans la mesure où elles ne sont pas trop brutales et pas trop importantes. Les animaux marins disposent d'une régulation de leur propre pression osmotique en fonction de celle du milieu.

Les échanges d'ions Na^+ et K^+ au niveau des membranes est sous la dépendance d'une enzyme (ATPase). En pratique, une mesure du taux de sel par jour est suffisante car les variations sont généralement lentes. Celles-ci entraînent des altérations du mucus qui est abondant dans les espèces marines, et une diminution des défenses naturelles de la peau face aux divers agents pathogènes que sont les parasites et champignons. D'une manière générale, toute modification importante du milieu de vie détermine un état de stress qui se manifeste par la diminution des réponses immunitaires lors d'affection.

2° Le PH

Le PH est une caractéristique essentielle du milieu. L'eau de mer a normalement un PH basique de l'ordre de 8,5. Il existe un système tampon donné par l'équilibre gaz carbonique/ acide carbonique/bicarbonate/carbonate.

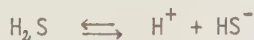


Une élévation de température et de la photopériode entraîne, comme nous le verrons plus tard, une augmentation des métabolismes et de la vitesse de dégradation des aliments en excès. C'est pourquoi, d'une manière indirecte, elle provoque une variation du PH.

Actuellement, des essais sont à l'étude à Martigues pour montrer l'influence de l'acidification du milieu sur la croissance et la résistance aux agents pathogènes.

La toxicité de beaucoup de métaux lourds diminue fortement à mesure que le PH s'élève du fait de la solubilité moindre ou de la complexité plus grande des ions ou des composés qui leur sont associés.

Le PH intervient sur les proportions de molécules non dissociées dans l'équilibre de l'ammoniaque et celui de l'hydrogène sulfuré :



Dans les deux cas, la molécule non dissociée est très toxique pour le poisson, du fait de son passage branchial ; pour la molécule NH_3 , la valeur dangereuse est en effet de 0,02 mg/litre d'eau. D'après Emerson et Coll en 1975, les variations du pourcentage d'ammoniaque non dissociée en fonction du PH et de la température sont données dans le tableau I :

temp.	PH					
	7	7,5	8	8,5	9	9,5
10	0,186	0,59	1,83	5,56	37,1	65,1
15	0,273	0,86	2,67	7,97	46,4	73,3
20	0,400	1,24	3,82	11,2	55,7	79,9
25	0,57	1,77	5,38	15,3	64,3	85,1

Tableau I : pourcentage d'ammoniaque non dissociée en fonction de la température et du PH

Ces valeurs sont données par l'auteur pour un litre d'eau douce. Elles permettent de montrer le danger constant que représente une augmentation de la température et du PH dans un élevage où l'on a tendance à suralimenter les animaux. Dans le cas de l'hydrogène sulfuré, la concentration en molécule non dissociée et toxique diminue avec l'élévation du PH car c'est un acide. Il faut donc retenir que dans un tel élevage, le PH a tendance à diminuer ; ce qui a des conséquences variées mais favorable d'une manière générale. Il faudra surveiller sa valeur et la maintenir entre 8 et 8,5 par l'utilisation de filtres et de systèmes tampons.

3° Les gaz dissous

Il s'agit des gaz atmosphériques dont la pression partielle de chacun doit être contrôlée fréquemment. Les plus importants sont l'oxygène (O_2), le gaz carbonique (CO_2) et l'azote (N_2). D'une manière générale, les gaz sont moins solubles lorsque la température et la concentration en sels dissous augmentent.

a) L'oxygène et l'azote

La majorité des réactions métaboliques sont des réactions d'oxydations. La teneur en oxygène va donc permettre d'évaluer l'intensité du catabolisme et de l'anabolisme et de la croissance des animaux. La teneur optimale est voisine de la saturation et de l'ordre de 6 cm³ par litre à 20° C.

L'augmentation de la température de 12° C à 24° C entraîne une diminution de 1/5 du pourcentage d'oxygène dissous pour une Pression atmosphérique normale. La vitesse accrue des métabolismes et le recyclage d'environ un tiers du volume d'eau entraînent un appauvrissement en O₂ mais un enrichissement en azote dissous. Une aération continue des bassins de grossissement est à prévoir pour ramener à la normale la pression partielle de chacun de ces gaz.

A l'arrivée dans la station d'aquaculture, les concentrations en gaz atmosphériques sont de l'ordre de 130 % de la saturation. Cela vient du brassage des eaux de rejet de l'usine, et de l'utilisation de pompes électriques à fortes pressions de l'ordre de 5 bars pour amener l'eau jusqu'à l'entrée de l'élevage. Il est donc nécessaire de faire passer cette eau dans des bassins de filtration à pression normale sinon on observerait des troubles biologiques que l'on décrira plus loin sous le nom de "maladie des bulles de gaz".

b) Le gaz carbonique

C'est un produit du catabolisme et sa teneur augmente avec l'intensité des métabolismes en général. Il présente une toxicité propre à concentration élevée, il intervient surtout en modifiant le PH du milieu et donc la dissociation de certains produits toxiques. Il agit d'autre part sur le rythme respiratoire.

4° Les polluants

La température modifie l'impact des polluants dont beaucoup sont plus toxiques dans les eaux chaudes, ils sont en effet plus solubles aux températures élevées et peuvent donc atteindre de plus fortes concentrations ; en outre, la sensibilité des animaux aquatiques augmentent du fait de l'augmentation du rythme respiratoire. Certains auteurs estiment qu'une augmentation de 10° C entraîne la multiplication par un facteur 2 de la toxicité propre des polluants (Laberge in Roberts). De plus, une diminution de la

concentration en oxygène entraîne une augmentation des mouvements respiratoires et favorise la pénétration des toxiques dissous.

a) Les métaux lourds (cuivre, plomb, mercure, zinc, chrome, cadmium, manganèse...).

Ils sont particulièrement dangereux pour la vie des poissons, mais aussi pour le consommateur humain car ils se fixent au niveau des tissus. Il faut remarquer cependant que leurs effets varient fortement avec l'élévation du PH comme nous l'avons déjà signalé.

L'élimination de ces éléments est très difficile et mal contrôlée. L'écumage et la filtration passive n'assurent qu'une diminution faible de la teneur en chacun d'eux. Les chélateurs tels que l'EDTA ne présentent qu'un intérêt théorique du fait de leur prix très élevé. En fait, ils ne sont utilisés au contraire que pour libérer de manière très progressive les métaux fixés auparavant, dans des cultures d'algues ou des élevages d'alevins.

b) Le Chlore

Nous avons déjà expliqué la présence de cet élément en quantité importante du fait de son utilisation en continu ou périodiquement par l'industriel pour éviter le dépôt d'algues et de crustacés dans ses conduites. Il n'apparaît pas lorsque l'eau salée n'est pas le liquide réfrigérant ; on utilise alors un échangeur de chaleur à double circulation : l'élément réfrigérant de l'industriel communique sa chaleur à l'eau de mer qui circule dans les conduites réservées à cet usage. Le chlore par lui-même est très toxique et sa combinaison avec l'ammoniac donne naissance à des chloramines beaucoup plus dangereuses et difficiles à éliminer. Il convient donc d'éviter la surcharge en NH_3 consécutive à l'augmentation de la température et du PH. Il ne faut pas mélanger les eaux usées riches en dérivés ammoniacués et les eaux neuves riches en chlore à moins d'utiliser des filtres en aval de la station d'aquaculture. A faible dose le chlore perturbe la reproduction et la fertilité.

5° La faune et la flore

L'augmentation de la photopériode et de la température va favoriser mais aussi sélectionner la faune et la flore qui se

développent sur les parois et le fond des bassins. Elle entraîne la prolifération de mollusques et crustacés qui sont les réservoirs en particulier de parasites, et d'algues qui peuvent produire un certain nombre de toxines nuisibles au développement des poissons.

Le milieu aquatique porté à 25° C et éclairé de 12 à 24 heures par jour va se comporter comme un véritable bouillon de culture dans lequel virus et bactéries vont pouvoir se développer facilement d'autant plus que la suralimentation entraîne une proportion importante de déchets organiques. Le renouvellement constant et l'aération continue du milieu d'élevage doivent maintenir l'eau à un niveau de pollution bactérienne correcte. L'OMS a fourni des normes de qualité de l'eau pour l'élevage des crustacés qui se basent sur les teneurs en coliformes et en stréptocoques fécaux (Tableau III).

De plus, les animaux marins, en particulier les mollusques se comportent exactement comme des filtres. Leurs normes se basent sur les mêmes bactéries mais les valeurs sont plus élevées.

Element	Poids en grammes	Pourcentage
Chlorure de sodium	27,213	77,758
Chlorure de magnésium	3,807	10,878
Sulfate de magnésium	1,658	4,737
Sulfate de calcium	1,260	3,600
Sulfate de potassium	0,863	2,465
Carbonate de calcium	1,123	0,345
Bromure de magnésium	0,076	0,217
Total	35,000	100

Tableau II : Composition moyenne de 1 kg d'eau de mer DITTMAR 1884

Résultats obtenus en faisant la moyenne de 77 échantillons prélevés tout autour du globe.

Qualité	Coliformes pour 100 ml	Streptocoques fécaux pour 100 ml
très bonne	moins de 50	moins de 5
bonne	de 50 à 200	de 5 à 20
moyenne	de 200 à 1 000	de 20 à 100
suspecte	de 1 000 à 2 000	de 100 à 200
très polluée	plus de 2 000	plus de 200

Tableau III : Normes de pollution bactériennes établies par l'OMS pour l'élevage des crustacés.

La circulaire ministérielle du 26 octobre 1977 fixe les modalités de prélèvement et le protocole des analyses bactériologiques pour les coquillages exposés à la vente ; elle indique aussi les normes d'appréciation des résultats des analyses bactériologiques.

- sont retenus comme germes tests des contaminations fécales les coliformes et les streptocoques fécaux,

- les critères d'appréciation de la qualité bactériologique des coquillages destinés à être consommés crus sont les suivants :

- . Coliformes fécaux : les résultats sont satisfaisants lorsque le nombre le plus probable de germes est inférieur ou égal à 300 pour 100 ml.
- . Streptocoques fécaux : les résultats sont satisfaisants lorsque le nombre le plus probable de germes est inférieur ou égal à 2 500 pour 100 ml.

Ces chiffres et ceux donnés par le tableau III permettent tout d'abord de contrôler la qualité de l'eau des bassins d'élevage mais aussi celle des crustacés qui s'y développent soit pour l'élevage soit en parasites. Nous verrons dans le dernier chapitre les moyens de lutte contre la prolifération de cette flore et de cette faune.

C/ INFLUENCE SUR LA PHYSIOLOGIE DES POISSONS

Dans ce paragraphe, nous étudierons les répercussions sur la croissance, la reproduction, l'incubation et le développement larvaire. Nous verrons dans chacun des 4 cas les avantages et les

inconvenients de l'eau réchauffée : même dans les limites d'une température normale, une augmentation subite et importante de température peut entraîner la mort par surcharge du métabolisme et défaillance du système de transport des gaz respiratoires.

Un abaissement de température est moins traumatisant, il est même bénéfique lors des manipulations et des transports. Il existe une température optimale pour chaque espèce et même pour chaque stade d'élevage : on note alors une meilleure efficacité de conversion, un meilleur taux de croissance et une augmentation de la vitesse de la nage.

A tous les stades, on pourra noter une activité spontanée accrue à mesure que la température augmente. Ceci peut se constater à la vitesse de la nage et à la valeur du métabolisme.

1° Influence sur la croissance des jeunes et des adultes

Une régulation artificielle de la température et de la photopériode ont pour but de rentabiliser les élevages préexistant en les intensifiant et en augmentant le facteur de conversion.

Elle permet de supprimer la période de repos hivernale et modifie le métabolisme afin d'obtenir plus vite un produit correspondant au poids de commercialisation qui est en général le poisson portion de 200 à 300 g. La vitesse de croissance peut être suivie par les paramètres énumérés précédemment, par la consommation globale en oxygène et par la mobilité spontanée surtout sur les jeunes.

a) La théorie

Elle découle par extrapolation de la loi de Van't Hoff en première approximation : "La vitesse de croissance des poissons est doublée par un accroissement de l'eau de 10° C". Cette loi n'est applicable en fait que dans une fourchette de température déterminée selon l'espèce et qui est de 12 à 25° C pour un Bar. Elle ne tient pas compte d'une fragilisation éventuelle des animaux aux agents pathogènes. Elle est en effet uniquement basée sur des études biochimiques du métabolisme et sur la consommation en oxygène qui est l'élément fondamental de l'anabolisme et du catabolisme.

b) en pratique

Les observations faites en milieu naturel à Sète et à Brest nous montrent une différence de croissance nette en milieu atlantique ou en milieu méditerranéen (Audousset D.).

Cette variation peut avoir plusieurs sources : alimentation, concentration, aération, mais comme ces mesures sont faites en milieu naturel, le facteur le plus influent distinguant les deux milieux semble être la température. C'est ainsi que la période d'arrêt de croissance dure de novembre en avril pour la méditerranée, et d'octobre à mars en atlantique. La taille adulte chez le Bar mâle est acquise en 2 ans à Sète et en 3 à 4 ans à Brest. La même différence s'observe chez la femelle mûre à 3 ans dans le premier cas contre 4 à 5 ans dans le deuxième cas.

Nous allons décrire deux expérimentations effectuées, leurs résultats sont assez éloquentes. La première a été faite sur les anguilles en eau douce, nous la citons ici, car c'est elle qui a précédé et incité l'élevage en aquaculture marine.

Expériences de Cadarache

Elles ont été effectuées par la section de radioécologie de l'usine nucléaire de Cadarache. Elles ont duré 18 mois pendant lesquels un bassin a été maintenu à 20° C, température théoriquement reconnue comme optimale pour la croissance de l'anguille. La température de l'autre bassin fluctue selon les variations saisonnières entre 5,5° C et 19° C. Leur volume est de 15 m³ chacun, ils sont alimentés en circuit ouvert avec un débit moyen compris entre 4 et 8 m³/heure suffisant pour assurer un taux d'oxygène voisin de 40 % de la saturation.

L'alimentation est assurée par la distribution d'un mélange farine (45 % farine de poisson), eau additionnée de 5 % d'huile. La quantité du mélange est comprise entre 2 à 5 % du poids des poissons et varie selon leur taille et la température.

On place dans chaque bassin 1 300 anguilles de poids moyen 30 g et longueur moyenne 27 cm provenant toutes de Camargue. Après 18 mois on obtient les résultats suivants :

	Poids moyen	Longueur moyenne
bassin chaud	210 g	45,5
bassin à temp. variable	87 g	35,5

FIG III CROISSANCE DES ALEVINS A LA CENTRALE DE MARTIGUES-PONTEAU

D'APRES LEDOUX ET SELTZ (1975)



PREGROSSISSEMENT D'ALEVINS DE DAURADE ROYALE



PREGROSSISSEMENT D'ALEVINS DE LOUP

Il est à noter que lors de cette expérimentation, l'état sanitaire dans le bassin à température constante a été satisfaisant, dans l'autre bassin, une épidémie d'Ichtyophtiriose a entraîné une mortalité de 15 % après un traitement à base d'eau de mer à 1 % et de vert malachite à 2 ppm. Dans le premier bassin, il y a eu de fortes variations individuelles de croissance : certaines anguilles qui semblent pourtant s'alimenter correctement ne grossissent pas alors que d'autres ont un indice de conversion excellent.

Expérience de Martigues

Celle-ci effectuée en eau de mer a donné aussi d'excellents résultats. Deux espèces intéressantes sur le plan commercial ont été étudiées : le Bar et la Dorade royale.

Les expériences effectuées par Seltz et Ledoux en 1975 montrent l'action bénéfique de chacun des facteurs (température et photopériode) modifié séparément ou conjointement. Les valeurs observées sont reportées sur les figures 3. Il faut noter que lors de ces expériences, des problèmes de qualité de l'eau ont entraîné une forte morbidité pour les lots à température élevée.

L'augmentation de la photopériode jusqu'à la valeur de 16 heures par 24 heures entraîne surtout chez les jeunes individus une prise alimentaire plus longue et un meilleur repérage de l'aliment inerte dont l'appétence est souvent moins bonne que celle des proies vivantes.

Au cours de la journée, la consommation d'oxygène d'un poisson à jeun montre une nette diminution. L'intensité de l'éclairage aurait donc une influence sur les métabolismes de routine et de croissance.

La température intervient dans les différentes réactions de l'anabolisme et du catabolisme des lipides, glucides, protides. Chaque espèce se caractérise par une température optimale de croissance ; elle est de 20° C pour l'anguille, de 23 à 26° C pour le Bar, de 28° C pour la tortue verte pendant les 6 premiers mois.

Lorsqu'on chauffe le milieu d'élevage jusqu'à cette température, on observe une augmentation de la vitesse des réactions chimiques. La croissance est alors plus rapide mais les proportions de l'animal ne changent pas.

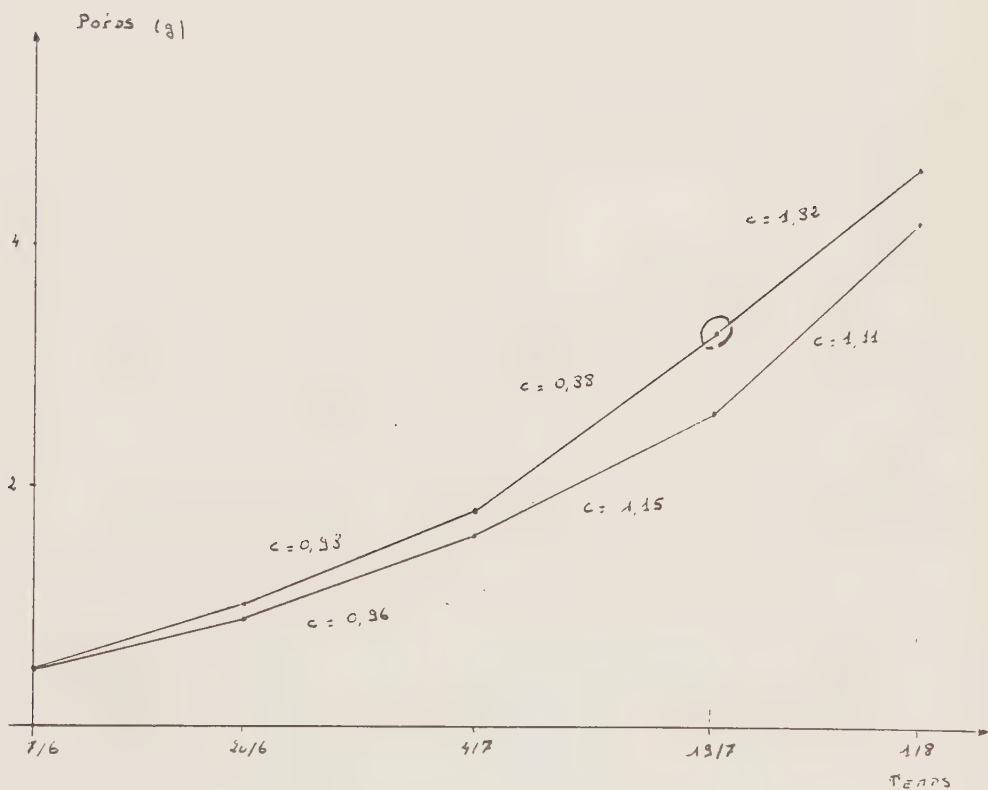
FIG IV COURBE DE CROISSANCE DE LOUP (1960)

NOURRITURE : PLANCTON CONGELE (5% DE MATIERE SECHE)



FIG V COURBE DE CROISSANCE D'ALEVINS DE LOUPS AVEC DEUX ALIMENTS DIFFERENTS
 VARIATION DU TAUX DE CONVERSION ALIMENTAIRE

$$C = \frac{Q \text{ aliment distribué}}{\text{croissance Kg}}$$



En particulier le coefficient de condition qui donne la relation entre la longueur et le poids de l'animal ne varie pas (Foulquier) à condition bien sûr que les conditions d'entretien et d'hygiène soient comparables.

Les résultats observés à Martigues en 1980 sont reportés sur les figures 4 et 5. L'élément intéressant à suivre est le facteur de conversion alimentaire qui se définit par le rapport entre la quantité d'aliment ingérée et le grossissement en kilogramme. L'éleveur a l'habitude de calculer ce coefficient à partir des poids bruts alors qu'il serait préférable de faire le rapport des matières sèches. Les causes d'erreur sont multiples :

- le choix de l'individu au sein de la population - Celui-ci doit en effet refléter la moyenne de l'effectif,
- la mesure du poids du poisson qui englobe toujours une certaine quantité d'eau. Actuellement on essaie plutôt de mesurer la taille de l'animal et d'en calculer le poids grâce à des courbes de correspondance.

La valeur de ce rapport dépend beaucoup de l'aliment utilisé et de la phase de l'élevage considérée : il est faible chez les larves mais augmente progressivement jusqu'à une valeur de 1,2 à 1,5 suivant l'aliment.

Les figures 3 et 4 présentent deux points intéressants qui sont deux points d'inflexion pour les courbes de croissance et correspondent à une nette augmentation du facteur de conversion. Dans les deux cas, le taux de morbidité a été fort pendant la quinzaine de jours suivants.

L'étude de ces facteurs doit permettre à l'éleveur de prévoir l'évolution d'une maladie, de diagnostiquer plus précocement la présence d'un agent pathogène et de mettre en oeuvre rapidement des mesures prophylactiques.

A partir de ces résultats, le projet de grossissement du Bar qui pourrait s'effectuer sur le site industriel de Lavera en maintenant une température constante de l'ordre de 24 à 25° C avec un recyclage variant entre 30 et 60 % envisage de fournir des poissons portions de 250 à 300 grammes en une période de 16 mois.

Cet élevage s'effectuerait en deux phases à partir d'alevins de 1 gramme achetés chez un reproducteur :



- premier grossissement de 1 à 10 g en 3 à 4 mois
- grossissement proprement dit de 10 g à 250-300 g en 10 à 12 mois.

L'obtention de poissons de taille équivalente en milieu naturel demande selon les cas de 28 à 36 mois.

Cette deuxième phase est actuellement effectuée sur le site de Ponteau qui ne dispose pas de locaux suffisants mais obtient des résultats comparables.

2° Influence sur la reproduction

L'influence de la température sur la reproduction est double :
 . elle permet d'avancer la maturité sexuelle
 . elle modifie les cycles de ponte.

Chez le Bar et bien d'autres poissons marins, la capacité à se reproduire est liée à la taille de l'animal et non à son âge. Le mâle doit alors mesurer au minimum 27 cm et la femelle 34 cm pour l'espèce *Dicentrarchus labrax*. Grâce à l'augmentation de la vitesse de croissance que nous avons étudiée auparavant, on pourra obtenir plus rapidement des animaux adultes. Dans l'élevage à température optimale de 24° - 25° C on les obtiendrait en 14 à 16 mois contre 2 ans en Méditerranée et 3 à 4 ans dans l'océan Atlantique.

Une diminution progressive de température est nécessaire au murissement des ovocytes. A la fin de la méiose, les ovocytes subissent une phase appelée vitellogénèse : le cytoplasme va se charger de réserves, constituant ainsi le vitellus, qui permettra le développement de la larve pendant les 15 premiers jours. Juste avant la ponte, le vitellus s'hydrate beaucoup entraînant un gonflement abdominal facilement détectable par l'éleveur.

Le Bar a une saison de ponte naturelle qui s'étale du mois de décembre au mois de mars avec une période d'ovulation. L'animal utilise alors les graisses emmagasinées pendant l'été à la synthèse des gamètes : les phénomènes biologiques peuvent être suivis grâce à l'étude du rapport gonado-somatique (RGS) du rapport hépatosomatique (RHS) et de l'adiposité.



La ponte a lieu lorsque la température est descendue progressivement jusqu'à 11-12° C. La photopériode doit diminuer parallèlement afin d'atteindre une valeur correspondant à l'hiver.

Des expériences ont montré qu'en dessous de 7° C, la ponte était complètement bloquée. En baissant progressivement la température de l'eau par paliers successifs de 2° C chaque semaine afin d'obtenir progressivement les 12° C favorables à la gamétogénèse et à la vitellogénèse, on a pu obtenir des pontes avec un avancement sur la période naturelle de un mois en 1975, de deux mois en 1976, et de 4 mois en 1977 (d'après D. Audousset). On peut actuellement produire des oeufs quatre fois par an ce qui permet d'alimenter toute l'année les bassins de prégrossissement.

On peut donc artificiellement induire la ponte à la période choisie par l'éleveur et multiplier même les périodes fécondes pour un même animal. Mais ce dernier point est limité physiologiquement : il faut en effet que l'animal ait le temps de reconstituer ses réserves lipidiques nécessaires à la synthèse des gamètes. Quatre pontes par an pour le Bar semblent la limite de ses possibilités.

Remarque : on a aussi essayé de faire varier la période féconde à l'aide d'injections d'extraits totaux lyophilisés d'hypophyse de carpe. Les résultats ont été décevants du fait de la spécificité très marquée de ces hormones. Aucun essai n'a encore été réalisé à notre connaissance avec des extraits d'hypophyse de Bar.

Le nombre d'oeufs obtenus avec modification artificielle de la température et de la photopériode, et injection d'hormone HCG pour induire la ponte, est nettement inférieur à celui observé en milieu naturel :

milieu naturel	250 000 oeufs kg
conditions artificielles	150 000 oeufs kg

Dans les conditions de l'expérience, on a pu noter une diminution de la taille, de la résistance des oeufs et de l'importance des réserves vitellines. On avait d'ailleurs noté des variations concernant ces facteurs entre le milieu méditerranéen et le milieu atlantique.



Dans le premier cas, les oeufs mesurent environ 1,15 mm avec une goutte lipidique de 0,32 à 0,36 mm (d'après Barnabe à Sète), dans le deuxième cas 1,26 à 1,51 mm avec une goutte lipidique de 0,40 à 0,46 mm (d'après Jackman à Plymouth, 1954). Ces variations s'expliquent vraisemblablement par l'adaptation de lignées différentes selon le milieu et par l'influence de la température.

Au bilan, l'on peut donc obtenir une production d'oeufs et d'alevins étalée sur toute l'année mais ceci entraîne généralement une baisse de la fertilité et une fragilisation des oeufs.

3° Influence sur l'incubation et le développement larvaire

Les essais effectués par Barnabe, Arcarese, Lumare et Alessio ont montré une diminution nette de la durée d'incubation en s'approchant de 15° C, puis ensuite en élevant la température une stagnation de la vitesse d'éclosion avec un taux de mortalité embryonnaire qui augmente.

Les résultats obtenus sont :

166 heures à 11° C

110 heures à 13° C

72 heures à 14° C

60 heures à 15° C

60 heures à 19° C

Remarque : la durée d'éclosion donnée est en réalité une moyenne car à 15° C l'éclosion s'étale sur une durée d'environ 4 heures.

En pratique, on n'a pas intérêt à beaucoup augmenter la température dans les incubateurs. On utilise de l'eau maintenue constamment entre 14° et 15° C et on compte qu'en 75 heures, l'éclosion de tous les oeufs viables est finie. Dans ces conditions on obtient des taux d'éclosion très élevés voisins de 90 %.

On obtient alors un stade larvaire : c'est-à-dire que l'animal n'a pas la même morphologie ou le même mode de vie que l'adulte. Ce n'est en effet que pour une taille de 56 mm qu'il aura les proportions et l'organisation définitives.

A l'éclosion la taille des larves obtenues dépend de la provenance des femelles :



- 4,01 mm à 4,46 mm pour les larves issues de femelles captives de l'Atlantique d'après Barnabe en 1976,
- 3,10 à 3,87 mm pour les larves issues de femelles captives de Méditerranée d'après Devauchelle en 1976.

L'origine de cette différence est multiple, mais comme pour les oeufs la température du milieu d'élevage des reproducteurs influence la taille des larves.

La croissance des larves peut être nettement accélérée par une élévation progressive de température, à partir des 15° C de l'incubateur et par un éclairage fluorescent continu.

La vitesse maximale semble s'observer pour des températures voisines de 24° C mais on observe alors une très forte mortalité. Cette phase correspond à des modifications anatomiques et physiologiques très profondes. Au début l'animal vit sur ses réserves vitellines pendant que sa bouche s'ouvre et que son appareil digestif devient fonctionnel. Une augmentation trop rapide de la température entraîne une augmentation rapide de la taille et de la mobilité de la larve mais entraîne aussi un épuisement précoce des réserves nutritives. Les transformations physiologiques n'ont pas le temps de s'effectuer correctement, l'animal meurt incapable de se nourrir lorsque la vésicule vitelline est résorbée.

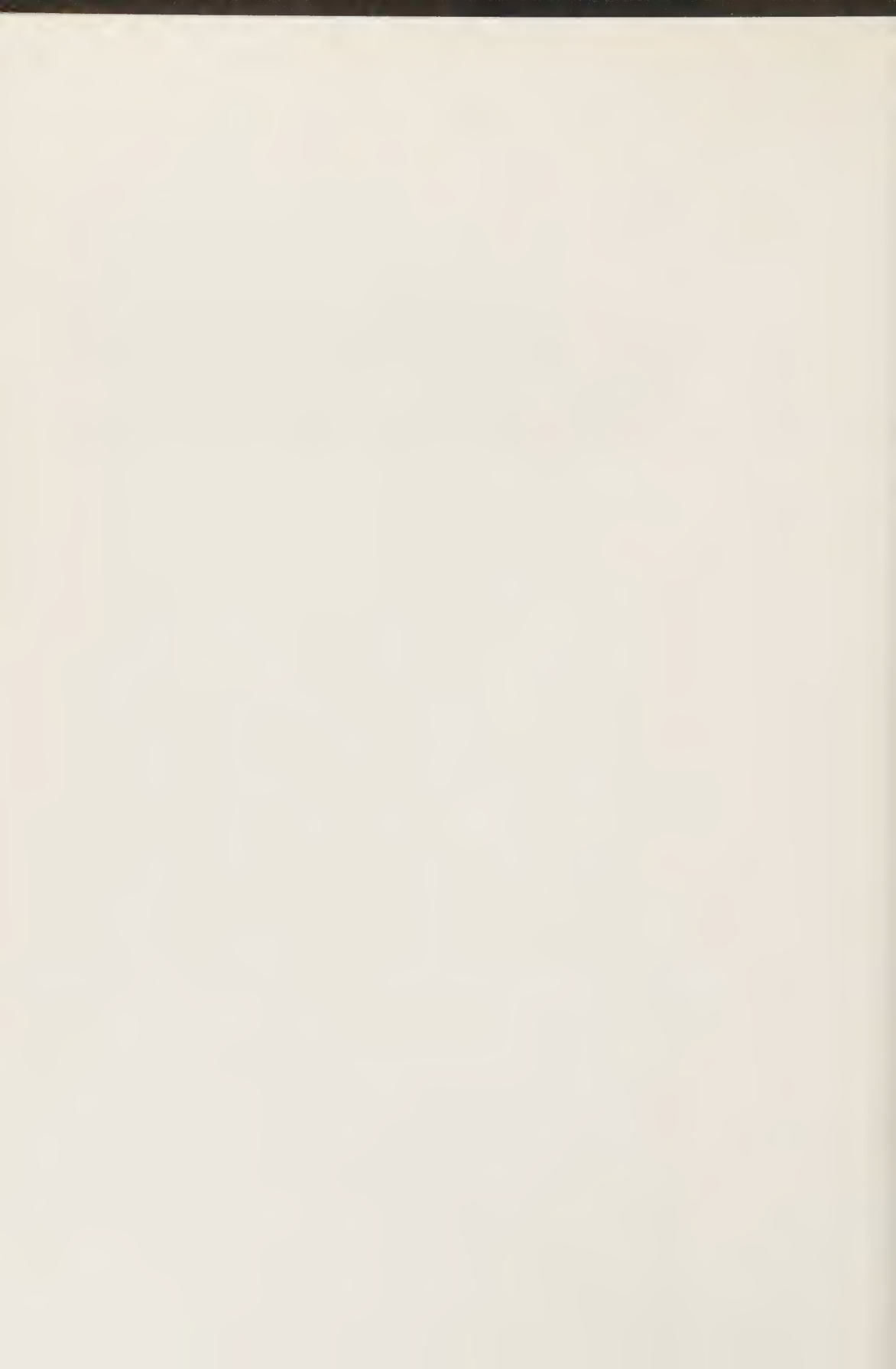
Un bon équilibre semble atteint par une progression lente et régulière de la température de 15 à 20° C sur une quinzaine de jours. Ensuite, il faut atteindre la taille de 1 gramme qui correspond à une meilleure résistance de l'individu pour augmenter progressivement jusqu'à 24-25° C. Ce poids critique est obtenu au bout d'environ 3 mois.

La photopériode agit surtout sur la prise alimentaire des larves. Au début, elles se déplacent très peu mais elles sont en perpétuelles vibrations sur elles-mêmes. Ensuite, elles se déplacent de plus en plus, l'éclairage permet alors un meilleur repérage des proies inertes ou vivantes, d'où un meilleur développement et un abaissement de la mortalité généralement forte autour du 30° jour.



Conclusion

Nous retiendrons de ce chapitre que la température et l'éclairage peuvent favoriser le bon développement notamment chez les jeunes. Des inconvénients peuvent aussi découler de la modification de ces facteurs qui doivent faire l'objet d'une surveillance continue. Il faut dans tous les cas éviter des variations trop fortes et trop brutales de ces deux paramètres.



Chapitre III - LES ESPECES ELEVEES

Nous avons vu dans la première partie que par définition l'aquaculture marine pouvait aussi bien concerner les espèces animales que les espèces végétales. Dans notre exposé, nous nous contentons d'étudier les espèces animales et la culture des algues nécessaires à leur croissance.

Cependant, la culture des végétaux pour l'alimentation humaine et animale et pour la production d'engrais est aussi très intéressante et prometteuse. Elle pourrait elle aussi être favorisée par l'utilisation d'eau réchauffée.

Au Japon, où l'aquaculture marine est très développée, de très nombreuses espèces sont élevées : les Daurades, les sérioles, les crevettes japonaises, les Tilapias, les Langoustes, les huîtres et les ormeaux.

A Martigues on s'intéresse particulièrement à un poisson le Bar (*Dicentrarchus labrax*) dont la biologie est bien connue. C'est pourquoi cette espèce a été choisie comme exemple type dans notre étude.

D'autres espèces ont été expérimentées et présentent un certain intérêt :

- des poissons : la Daurade royale (*sparus auratus*)
- des crustacés: la crevette bouquet (*Palaemon serratus*)
la crevette rose (*Penaeus duorarum*)
- des reptiles : la tortue verte (*chelonina mydas*).

Nous allons consacrer ce chapitre à l'étude rapide des caractères physiologiques et biologiques de ces espèces pour en tirer les problèmes particuliers susceptibles de se poser lors d'un élevage intensif en eau réchauffée.



A/ LE BAR : DICENTRARCHUS LABRAX

C'est un poisson osseux thoracique qui fait partie de la famille des Serranidés.

1° Morphologie (figure I)

L'adulte a le dos gris bleuté et les flancs blancs brillants. Il peut mesurer jusqu'à 60 à 70 cm, la longévité moyenne étant de 7 ans. La différenciation sexuelle ne peut se faire que sur l'animal adulte. Statistiquement, les femelles ont une tête plus allongée, leur corps est plus haut et plus trapu que celui des males.

2° Biologie

C'est un poisson essentiellement cotier qui remonte dans les estuaires bien plus haut que la zone d'influence des grandes marées. Les jeunes restent dans les zones saumâtres très riches en particules alimentaires.

Il en résulte que le Bar est peu sensible aux variations de salinité. Il dispose d'un mécanisme régulateur de sa pression osmotique interne qui peut varier dans une proportion de 1/3. Cette caractéristique est importante lorsqu'on veut utiliser de l'eau de mer réchauffée dont la salinité varie beaucoup selon l'intensité du fonctionnement du complexe industriel.

Il vit en bancs importants. Entre individus de même taille, il est peu agressif et tolère assez bien la proximité de poissons d'autres espèces. Cette particularité se retrouve dans les bassins de grossissement.

Il est vorace, prédateur essentiellement de crustacés (crabes et crevettes) et de poissons (sardines, anchois, gobies). Dans l'Atlantique, il se nourrit également de mollusques en quantité assez faible. En bassin, il s'adapte assez bien à la nourriture inanimée. Il se nourrit moins du mois d'octobre au mois de décembre en milieu naturel.

La période de reproduction s'étale généralement sur les mois de décembre, janvier, février et début mars. La femelle est très prolifique, elle pond en moyenne 250 000 oeufs par kg de



poids vif ; ceux-ci sont résistants et leur caractère pélagique rend possible leur dispersion par les courants et leur récupération dans les bassins.

Remarque : la dénomination de Bar a de nombreux synonymes selon la région géographique. En méditerranée, on l'appelle le Loup, en Vendée le Barreau.

B/ LA DAURADE ROYALE : SPARUS AURATUS

C'est un poisson osseux thoracique de la famille des Sparidés assez proche de celle des Serranidés.

1° Morphologie (figure 6)

La Daurade royale peut atteindre une taille de 0,50 m. Elle se caractérise par les dents de la partie antérieure des mâchoires en forme de canines, et les molaires qui sont sur plus de deux rangées. Un croissant doré entre les yeux est le signe extérieur le plus caractéristique.

2° Biologie

C'est un poisson cotier pouvant entrer dans les étangs. Il est fréquent en Méditerranée et dans le golfe de Gascogne mais il est rare en Manche. Il est particulièrement vorace et agressif avec les individus de la même espèce ou d'espèces différentes lors de différence marquée de taille. La période de ponte dure les mois de novembre et de décembre. La femelle émet ses oeufs pendant environ 15 jours.

La Daurade royale se prête moins bien que le Bar à un élevage intensif du fait de son agressivité et surtout de la durée de la ponte. Son prix très élevé dans le commerce compense ces inconvénients.



C/ LA TORTUE VERTE : CHELYDONIA MYDAS

En 1968, des essais ont été effectués en Floride et ont permis l'installation d'une ferme d'élevage sur les îles du Grand Caïman pour la société Mariculture. A Martigues, des essais ont été réalisés en 1976 pour une société française CORAIL qui exploite depuis mai 1977 un élevage à Saint Leu, dans l'île de la Réunion. Les essais ont porté essentiellement sur la mise au point d'un aliment de démarrage pour le prégrossissement et la première année. La période de grossissement dure 3 ans : pendant la première année, la tortue verte est carnivore, les deux dernières années elle devient herbivore. Le jeune qui pèse à l'éclosion 25 g environ atteint finalement un poids voisin de 45 kg.

Les débouchés d'un tel élevage sont multiples :

- La chair qui représente environ 30 % du poids vif est riche en protéines et pauvre en lipides ce qui lui donne de hautes qualités diététiques et organoleptiques.
- Le cartilage ventral du plastron sert à faire les soupes de tortue.
- La graisse et l'huile d'une grande valeur commerciale sont très recherchées en industrie des cosmétiques et en pharmacie,
- La carapace est une matière semi-précieuse.

La presque totalité de l'animal est donc commercialisable. La tortue a un très bon facteur de conversion ; de plus, les deux dernières années, elle transforme des protéines végétales en protéines animales de haute qualité. La mauvaise connaissance de la physiopathologie de cette espèce gêne la bonne conduite d'une production intensive.

D/ LES CRUSTACES

De nombreuses espèces sont élevées en particulier au Japon, certains essais ont été réalisés sur des crevettes à Martigues mais sont actuellement abandonnés. Les crevettes sont des crustacés Décapodes Macroures nageurs.

1° La crevette bouquet : *Palaemon serratus fabricius*

Elle mesure de 7 à 12 cm et vit dans les côtes rocheuses. On la pêche généralement en casiers.

2° La crevette rose : *Paeneus duorarum*

Elle peut atteindre 20 cm. Elle vit sur des fonds sablonneux et vaseux cotiers, les estuaires et les lagunes des côtes africaines tropicales. On la pêche au chalut ou au filet.

Le prix très élevé de ces crustacés dans le commerce et la possibilité de les élever en forte densité sont intéressants pour notre type d'élevage.

Chapitre IV - LES PROCEDES D'ELEVAGE

Dans ce chapitre, nous allons étudier la conduite pratique d'un élevage industriel en s'appuyant sur l'exemple concret réalisé avec la production de Bar à la station de Martigues. Dans ce cadre, les résultats obtenus ont dépassé le stade expérimental pour devenir une entreprise économique.

A/ ORGANISATION GENERALE DES INSTALLATIONS

On peut envisager deux types fondamentaux de production :

- sur des sites peu étendus mais disposant de personnel qualifié on s'oriente vers la sélection des géniteurs, leur reproduction et le développement des stades larvaires,
- sur des sites plus étendus, disposant d'une quantité d'eau importante mais de peu de personnel, on effectue le grossissement de l'alevin jusqu'à la taille portion de 250 à 300 g qui correspond à la demande commerciale.

Ces deux exploitations se complètent. Il reste cependant la possibilité de capturer les alevins dans le milieu naturel pour les engraisser en bassin mais le pourcentage de mortalité est alors très élevé.

La station d'aquaculture se compose de plusieurs secteurs que nous allons étudier (figure 6).

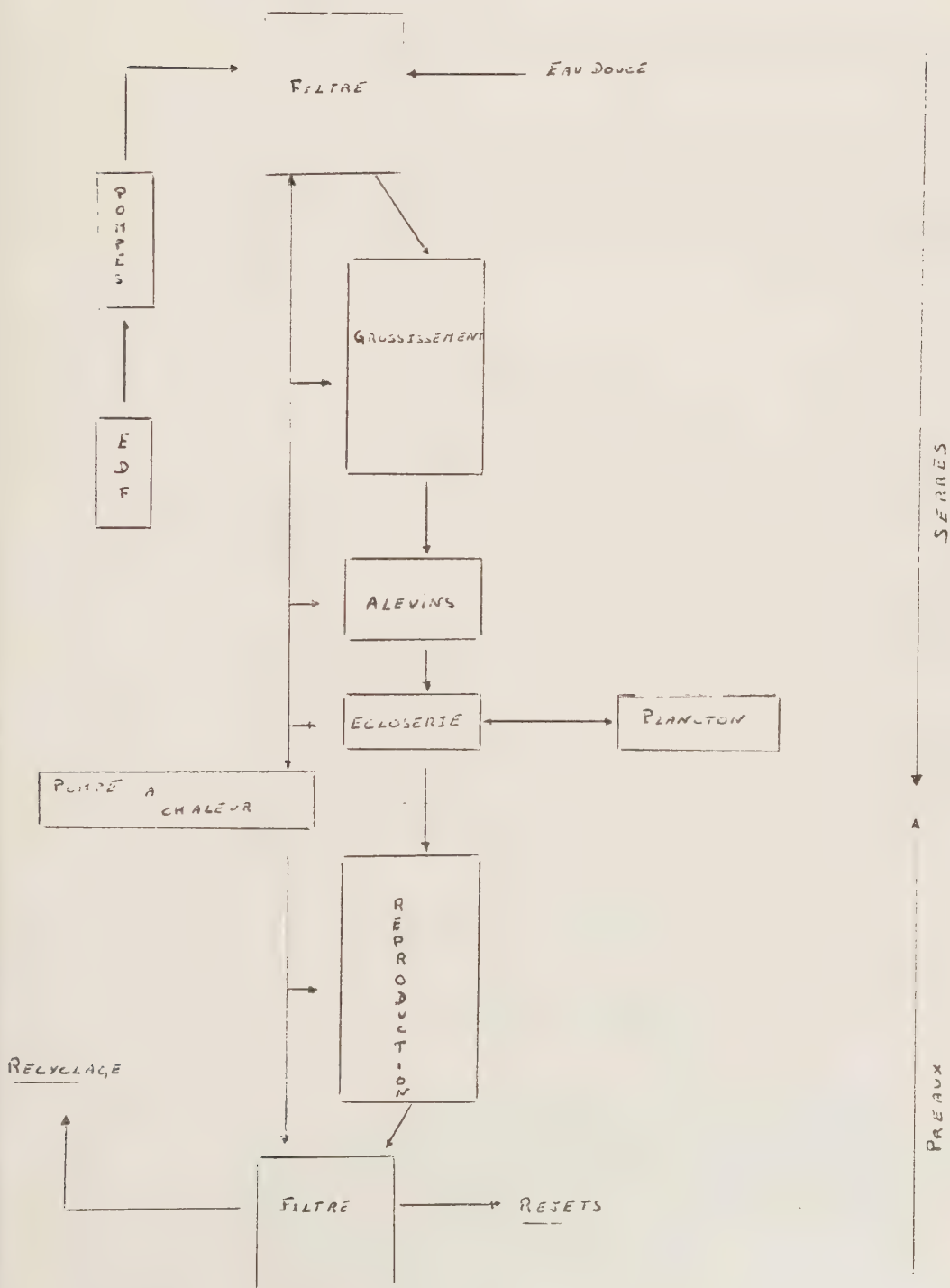
1° La centrale thermique

Elle comporte 4 tranches de 250 MW chacune et rejette en permanence 36 m³/s d'eau salée avec une température supérieure de 7 à 8° C à celle de l'eau de mer.

2° La station de pompage

Un groupe électropompe de surface aspire l'eau directement dans le courant principal du rejet. La pression au départ de cette

FIG VI SCHEMA DES INSTALLATIONS DE LA STATION DE MARTIGUES



pompe est de 5 bars. Un second groupe identique au premier assure un secours en cas de besoin.

3° Réchauffage supplémentaire par pompe à chaleur

Cette installation fonctionne de manière intermittente selon les besoins et les conditions météorologiques. Elle est constituée d'une pompe à chaleur de 30 Kw qui peut assurer d'une part le réchauffement supplémentaire des bassins de prégrossissement et d'autre part, le refroidissement des bassins des reproducteurs.

4° Les bassins d'élevage

Il faut distinguer deux parties :

- en amont, les bassins assurant les stades de l'incubation, de l'élevage larvaire et du prégrossissement. Il sont disposés dans une serre qui assure un maintien de la température autour des 25° C.

- en aval, les bassins contenant les reproducteurs. Ceux-ci sont protégés de la pluie par un toit, afin d'éviter les variations trop brusques de température.

Le gros défaut de ces installation est le passage successif de l'eau dans les divers bassins ce qui assure la propagation à la totalité de l'élevage d'éléments pathogènes infectant l'un des stades en amont.

5° Les stations d'épuration

Il existe un bassin de filtration passive en amont et deux réservoirs de dépollution dynamique en aval.

a) Le bassin de filtration passive

Rôle : il assure la dépollution des eaux à l'entrée de la station afin d'éliminer d'une part les éléments polluants d'origine industrielle lors du passage dans le complexe EDF, mais aussi ceux propres à un pompage en zone littorale.

Localisation : il est situé au point le plus haut de la station afin de permettre une distribution par gravité aux autres bassins. Il est abrité dans la serre afin d'éviter les échanges de chaleur avec le milieu extérieur.

Composition : il réalise d'abord l'écumage soit par agitation mécanique soit par passage d'un courant intensif de bulles d'air. La mousse de surface ainsi produite contient essentiellement les éléments volatils, les détergents ; elle est éliminée par un système de trop plein. Ensuite l'eau va passer à travers un filtre composé de polyéthylène et d'une couche de laine de verre. Le premier est sous forme de granulés assez petits afin d'augmenter la surface de contact avec l'eau. Le filtre est circulaire et de diamètre important (5 m). Il faut surveiller en particulier la face d'entrée de l'eau qui a tendance à s'encrasser et empêcher le bon écoulement.

L'efficacité du dispositif dépend de la surface de contact entre le polyéthylène et l'eau, c'est pourquoi il faut le remplacer régulièrement.

b) les bassins de dépollution dynamique

Rôle : ils doivent filtrer l'eau en aval de la station afin de permettre le recyclage d'environ 30 % du milieu, permettant ainsi une grande économie d'énergie de pompage.

Localisation : lors du passage dans l'élevage, l'eau s'enrichit en déchets organiques et en particulier en dérivés ammoniacés. Nous avons vu précédemment que le contact entre le chlore et l'ammoniaque donnait naissance à des chloramines très toxiques ; c'est pourquoi il est nécessaire de réaliser une épuration en aval et une autre en amont afin d'éviter le contact entre l'eau de pompage et l'eau usée.

Composition : il y a tout d'abord un dispositif d'écumage identique au précédent. Le filtre est formé d'un filet cylindrique de 1,50 m de diamètre sur un mètre de profondeur plongé dans un bassin bétonné. On introduit à l'intérieur du filet des grains à base d'argile de 1/2 cm de diamètre. Un mouvement perpétuel est assuré à l'intérieur du filtre par un courant intense de bulles d'air. Des microorganismes vont se développer à la surface des granules au bout d'une quinzaine de jours. Les algues et bactéries vont alors consommer les déchets organiques du catabolisme des poissons et éliminer l'excès des dérivés azotés et du gaz carbonique des eaux usées.

B/ LES REPRODUCTEURS ET LA REPRODUCTION

Cette partie de l'élevage est essentielle car elle conditionne la rentabilité de l'exploitation et la qualité des produits obtenus.

1° Les individus

a) Provenance

Ce sont des animaux adultes que l'on peut obtenir par sélection au sein des jeunes à l'engraissement ou par capture dans le milieu naturel. La première solution est de loin la plus satisfaisante. Les critères de choix sont essentiellement morphologiques et comportementaux. On choisit des individus correspondant le plus possible au standard, sans trouble osseux ou cutané apparent et dont l'appétit lors de la distribution alimentaire est vorace. Dans un lot, on choisit ceux dont la vitesse de croissance est la plus forte.

On peut également pêcher au filet ces poissons. Le pourcentage de mortalité est élevé, de l'ordre de 50 % ; les rescapés sont souvent incapables de se reproduire en captivité. La pêche à la ligne est moins traumatisante mais son prix de revient est élevé.

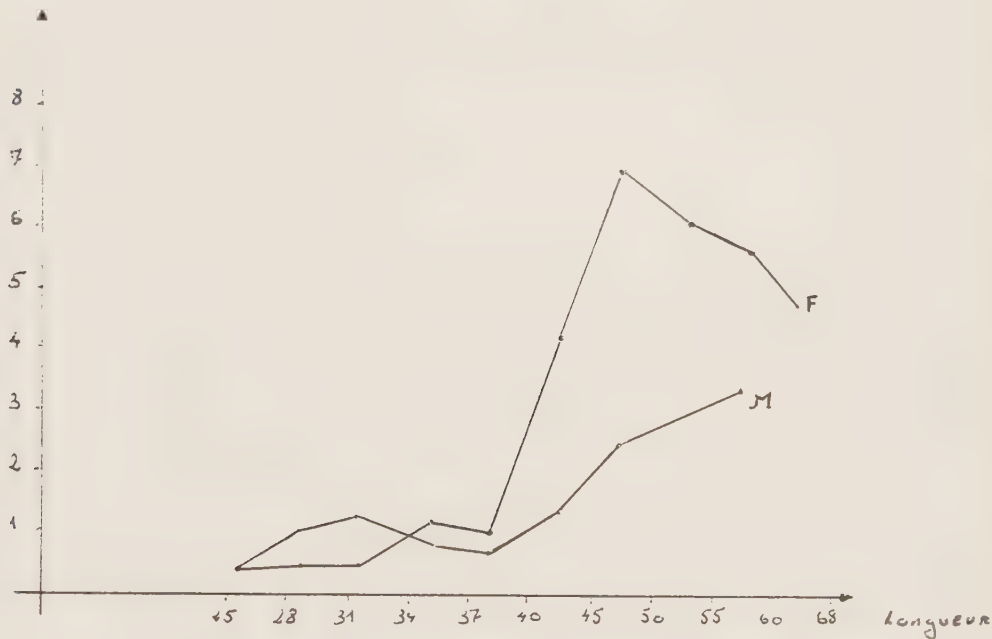
Le temps d'accoutumance d'un adulte sauvage est long, ce qui rend l'élevage longtemps improductif.

Il est important de noter que le dimorphisme sexuel n'apparaît qu'une fois la maturité acquise ; c'est-à-dire pour une longueur de 27 cm chez le mâle, taille atteinte au bout de 15 à 16 mois en élevage intensif. La diagnose du sexe est alors délicate et demande une grande habitude. En pratique, l'éleveur repère les animaux dont l'abdomen est fortement dilaté pendant la période féconde. Une pression exercée à la main sur les flancs va entraîner l'éjection d'un liquide blanchâtre assez fluide chez le mâle. Chez la femelle on n'observera rien dans la majorité des cas, lorsqu'elle est sur le point de pondre, on provoquera une ponte forcée dont le produit est plus gélatineux.

Le choix des reproducteurs se faisant parmi les jeunes, on ne pourra pas choisir la proportion de mâles et de femelles. Après la maturité, les mâles en surnombre seront revendus à d'autres élevages ou livrés à la consommation.

FIG VII EVOLUTION DU RGS EN FONCTION DE LA TAILLE CHEZ LES MALES ET LES FEMELLES
DE BAR A UNE PERIODE DONNEE (D'APRES BARNABE)

RGS : Rapport gonado-somatique



b) Taille

L'évolution du rapport gonadosomatique chez la femelle montre qu'il existe une taille optimale de 45 à 50 cm correspondant à un poids de 800 grammes à 1 kg. Chez le mâle le RGS augmente régulièrement avec la taille (figure 7). Pour obtenir le meilleur rendement quantité d'oeufs en fonction du poids des reproducteurs il faudrait donc avoir des femelles d'environ 1kg et des mâles de grosse taille. En pratique on préfère avoir des animaux les plus gros possibles afin de diminuer la surveillance et les manipulations.

2° Les bassins

a) volume

La ponte et la fécondation sont impossibles dans des bassins de moins de 5 m³. Ceux utilisés sont rectangulaires, leurs dimensions sont de 12 x 2 x 1 m. Ils sont au nombre de 4 et sont protégés des intempéries par un toit. Le fond bétonné est surélevé en son centre pour permettre une meilleure capture des animaux lors des nombreuses manipulations.

b) la température

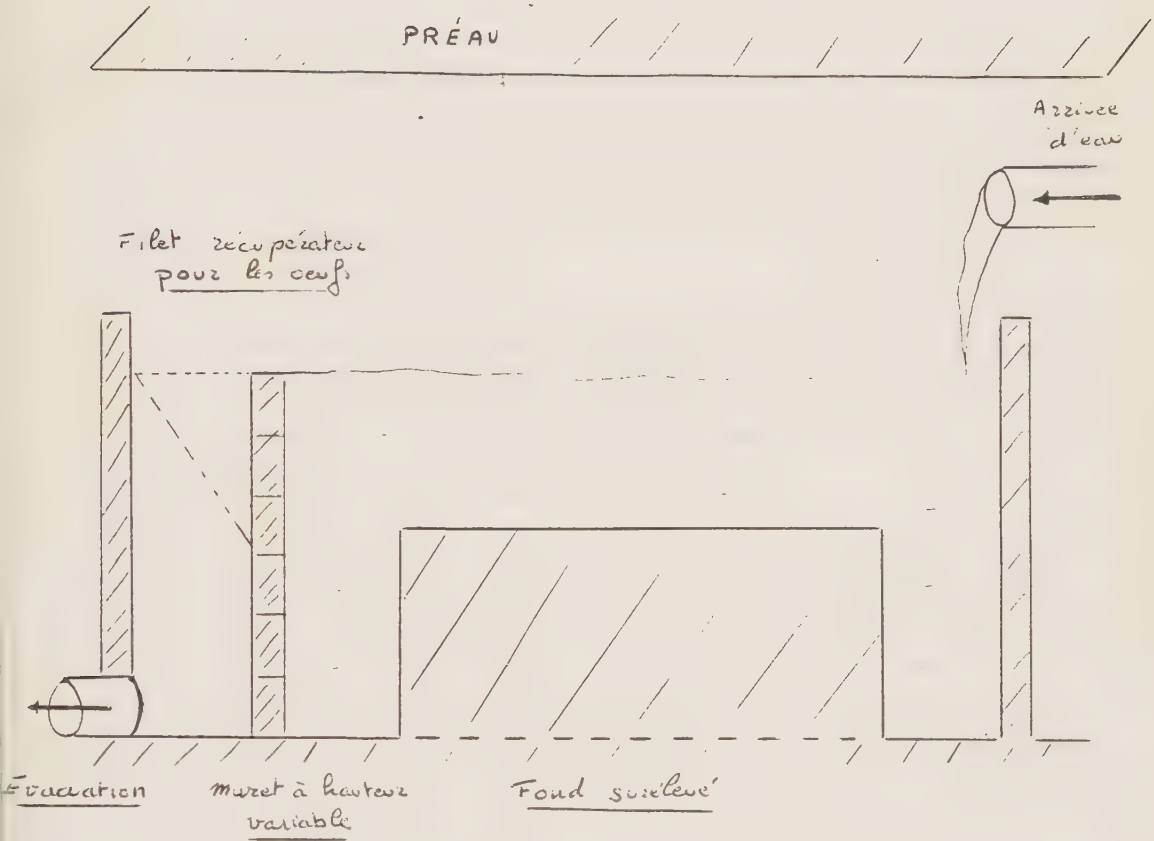
C'est la plus basse de toute la station. Elle diminue progressivement de 22 à 12° C lors de la période de reproduction. Elle est contrôlée au moins une fois par jour. En aucun cas elle ne doit descendre en dessous de 7° C car alors, la ponte serait bloquée. Les modifications de la température et de l'éclairage ont été expérimentées pour obtenir la ponte à diverses périodes de l'année, mais actuellement on se contente de la période normale qui va de décembre à mars.

c) la charge

Elle est de 1,5 à 3 kg par m³. Elle est nettement inférieure à celle des bassins de grossissement qui peut atteindre 15 kg par m³. Les animaux de même taille sont assez sociables, ils tolèrent même la présence d'individus d'autres espèces, des Daurades par exemple.

L'aération est assurée par de gros diffuseurs, ce qui permet en même temps le brassage continu de l'eau. La concentration en oxygène dissous doit rester proche de 7 mg/l.

FIG VIII SCHEMA DES BACS RESERVES A L'ELEVAGE DES REPRODUCTEURS



3° L'alimentation

Il peut être distribué des déchets de poissons et de crustacés. On utilise le plus fréquemment les gobbies, mulets, sardines, seiches et poulpes. Mais leur manipulation, leur conservation et leur stockage entraînent de nombreux problèmes techniques. On cherche de plus en plus à remplacer cette alimentation naturelle par la distribution de granulés deshydratés faciles à stocker.

Le Bar est un prédateur qui s'attaque en milieu naturel à des proies vivantes. Il faut donc l'habituer à se nourrir de proies inertes dont l'appétance est nettement plus faible et qui restent en surface.

Actuellement de nombreux essais sont réalisés pour tester divers aliments. Mais les besoins nutritifs autant qualitatifs que quantitatifs sont mal connus dans cette espèce. Dans le cas étudié, l'éleveur emploie un aliment deshydraté pour l'élevage des salmonidés. Ses caractéristiques sont les suivantes :

<u>Composants</u>	<u>Garanties au maximum</u>
Céréales cuites	Humidité 12 %
Huile de poisson	Matière cellulosique 2 %
Issues de céréales	Matière minérale 12 %
Farines de céréale et de viande	
Concentré soluble de poisson	Garanties au minimum
Farine de soja cuite	Matières protéiques
Poudre de lait écrémé spray	brutes 46 %
Levure de Bière	Matières grasses 7,5 %
Composé minéral vitaminisé	

Les granulés doivent être réhydratés avant la distribution. La quantité à donner est fonction du poids des animaux, de la température de l'eau et de la période de reproduction. La valeur moyenne est de 5 % du poids des animaux avec une baisse de 1 à 2 % en automne. Lors de dépenses énergétiques importantes, c'est-à-dire lors de la vitellogénèse, l'éleveur préfère un supplément à base de déchets de la pêche.

pour des raisons d'hygiène et de personnel, une diète de un jour par semaine le dimanche, peut être observée.

Il est important de surveiller la prise alimentaire afin de diagnostiquer un début d'infection et afin d'éliminer le plus tôt possible la quantité d'aliments excédentaire. C'est pourquoi nous pensons que la mécanisation de la distribution n'entraînerait que peu d'avantages face aux inconvénients.

4° La ponte

a) Physiologie

Elle est précédée de 2 phases. La première, la gamétogénèse dure 2 à 3 mois pendant la baisse de la température et de la photopériode. Après suit une période de latence d'une quinzaine de jours à 2 mois. La seconde, la vitellogénèse, correspond à l'accumulation de réserves dans l'ovule sous forme de gouttelettes lipidiques. Elle dure quelques jours puis elle est suivie quelques jours plus tard par la ponte naturelle.

b) Induction

En élevage intensif, on réalise une induction hormonale de l'ovulation, ce qui permet de l'obtenir à un moment déterminé par l'éleveur et de diminuer le temps de surveillance.

Pour cela on réalise pendant la période de latence qui sépare la gamétogénèse de la vitellogénèse, une injection hormonale sur les femelles et les mâles qui n'émettent pas encore de sperme. Les reproducteurs sont capturés à l'aide de grosses épuisettes. On effectue une injection intramusculaire en arrière de la deuxième nageoire dorsale ; cette région correspond en effet à une zone dépourvue d'écaillés. On incline la seringue vers l'avant du poisson et on injecte une quantité de liquide comprise entre 0,5 et 1 ml.

Les produits utilisés sont des gonadotrophines chorioniques humaines qui donnent de meilleurs résultats que les extraits totaux d'hypophyse de carpe. Les quantités injectées sont importantes et même sûrement exagérées. On met en effet des doses de 1 000 UI par kg de poids vif. La réponse est du type "tout ou rien" et l'éleveur préfère en général surdoser ses injections pour être sûr de son résultat. Aucun trouble lié à l'emploi répété en quantité importante de ces produits n'a été relevé dans l'élevage.

On observe 30 à 50 heures après l'injection un net gonflement de l'abdomen qui correspond à l'hydratation des ovocytes.

La ponte a lieu environ 24 heures après l'observation de cette dilatation.

Les oeufs sont émis en une seule fois pendant une durée de 24 à 48 heures. On peut presser l'abdomen de la femelle avec les doigts mais cette manipulation est délicate : elle doit intervenir exactement au moment où l'animal est prêt à pondre ce qui demande un contrôle permanent de l'évolution du profil abdominal.

c) Les oeufs

Ils sont en nombre très important. On note cependant une baisse de rendement lors de l'induction hormonale. En milieu naturel une femelle pond en moyenne 250 000 oeufs par kg, en élevage intensif 160 000 après injection d'hypophyse de carpe et 150 000 après injection de 1 000 UI d'hormone gonadochorionique. Leur taille dépend aussi des procédés d'obtention.

- . 1,15 à 1,38 mm en milieu naturel suivant la latitude
- . 1,19 à 1,32 mm sur ponte naturelle de femelles captives Devauchelle 1976
- . 1,07 à 1,30 mm pour des femelles captives après injection Barnabe 1976
- . 1,12 à 1,16 mm pour des femelles sauvages après injection Barnabe 1976

Les oeufs peuvent présenter divers aspects selon leur maturité :

- les oeufs matures sont sphériques, résistants. Les gouttes lipidiques sont au nombre de 1 à 5, elles ont tendance à fusionner. La ponte est fluide et rapide.

- Les oeufs immatures sont polyédriques, accumulés les uns aux autres. Les gouttelettes sont petites, nombreuses et dispersées. La ponte est difficile et longue.

- Les oeufs surmatures forment une gelée transparente. Ils sont plus gros et leur cytoplasme est colloïdal.

On observe lors d'induction hormonale et de ponte forcée un nombre accru d'oeufs anormaux et en particulier d'oeufs immatures.

5° La fécondation

Elle a lieu dans les bassins d'élevage et ne pose généralement pas de problème car les mâles émettent leur sperme pendant toute la saison de ponte avec cependant des variations d'intensité.

La fertilité dépend de la motilité des gamètes. Des études ont montré que plus le sperme était épais, moins les spermatozoïdes étaient mobiles. L'injection d'hormone HCG entraîne une meilleure fluidité chez un certain nombre de mâles.

La fécondation artificielle qui consiste à presser l'abdomen d'un mâle au dessus des oeufs n'a que peu d'intérêt.

La fécondation naturelle semble la plus simple. Deux théories ont été formulées :

- d'après ARNOLD, les femelles s'enduisent de sperme au contact des mâles juste avant la ponte. Puis, après avoir pondu, elles se frottent contre eux pour les féconder.

- d'après BOULINEAU, elles se massent les flancs contre les rochers ou le fond du bassin et dispersent ainsi leurs oeufs qui seront ensuite fécondés par le sperme des poissons nageant autour.

Le comportement des reproducteurs dans les bassins semble confirmer la deuxième hypothèse. De toute façon, il faut retenir que la fécondation doit intervenir dans les trente minutes qui suivent l'émission des oeufs.

6° Récupération des oeufs

Les oeufs embryonnés flottent lorsque la salinité de l'eau est supérieure à 34,5 pour mille. Dans les bassins de reproducteurs elle est comprise entre 37 et 39 pour mille, ce qui permet de récupérer les oeufs par un système de trop plein à mailles très fines. Remarque : l'expérience de l'éleveur au cours des diverses manipulations que nous venons d'envisager, a beaucoup d'importance. La détermination des différentes phases de la reproduction nécessite une grande habitude.

C/ L'INCUBATION

Les oeufs embryonnés sont donc récoltés et répartis dans des incubateurs. La période d'incubation correspond au temps nécessaire entre la fécondation et l'éclosion qui donnera naissance à un stade larvaire.

1° Le milieu d'élevage

Nous ayons vu précédemment que la température avait une forte influence sur la durée de cette phase mais aussi sur le pourcentage d'éclosion. La température choisie correspond donc à un juste milieu, elle est de 15° C environ et dans ces conditions, l'éclosion s'échelonne entre la 45° et la 75° heure.

Certains auteurs pensent que l'aération du milieu d'incubation peut être la cause de nombreuses morts embryonnaires par projection des oeufs contre les parois de l'incubateur. Nous avons vu que les oeufs de Bar sont résistants et donc peu sensibles aux effets d'un courant d'eau qui est d'ailleurs très faible près des parois d'un bac. Le brassage continu de l'eau évite l'agrégation des oeufs et favorise donc l'éclosion.

2° Les incubateurs

De nombreux types existent et peuvent être utilisés :

a) Incubateurs pour oeufs benthiques

Les oeufs sont disposés en couche unique sur une grille très fine. Un courant d'eau dont la salinité est voisine de 30 pour mille traverse le dispositif.

Les mauvais résultats semblent liés à une pollution occasionnée par la dégradation des oeufs non fécondés et le développement fréquent de bactéries et de champignons.

b) Incubateurs cylindroconiques

Jusqu'à présent de nombreux pisciculteurs les utilisaient en "eau verte" c'est-à-dire en eau chargée d'algues vertes qui devaient assurer le maintien du taux d'oxygène, le PH et la dégradation des oeufs en voie de décomposition.

Ils sont employés actuellement en eau claire avec une forte aération et un éclairage continu. Un PH assez élevé de l'ordre de 8 semble favoriser le développement des oeufs. Le volume de ces cuves peut varier entre 30 et 500 litres. Le renouvellement de l'eau dépend de la capacité et de la charge initiale.

c) filets plongés dans les bassins d'élevage larvaire

Dans des bacs carrés de 2 à 3 mètres de côté, on installe des petits filets cylindriques à mailles très fines dont le diamètre est de 20 cm. A l'intérieur du tube ainsi formé on verse les oeufs et on dispose un aérateur qui assure un brassage continu. Après l'éclosion on renverse le filet qui déverse alors les jeunes larves dans la cuve commune à l'incubation et au prégrossissement.

Ce procédé très simple a deux avantages : il supprime les manipulations et il réduit le stress qui a lieu lors du passage de l'incubateur au milieu d'élevage larvaire.

3^e Les résultats

A condition de respecter les conditions de température, d'aération et de renouvellement de l'eau, et de limiter la charge qui peut d'après certains auteurs aller jusqu'à 15 000 oeufs par litre, on obtient de très bons résultats de l'ordre de 90 % d'éclosion.

D/ L'ELEVAGE DU STADE LARVAIRE

A la sortie de l'oeuf, la larve mesure de 3 à 4 mm selon les conditions d'élevage et la provenance des reproducteurs. Elle va alors subir de nombreuses transformations que nous allons étudier avant d'envisager les conditions nécessaires à cette évolution.

1^o Evolution des larves

Le premier jour, elles restent en surface, se déplaçant peu avec de violentes contractions du corps. Leur forme est courbe. Le sac vitellin occupe la moitié de la longueur du corps, il assure la survie de l'animal dont la bouche est imperforée. Par transparence on voit la vessie urinaire qui débouche à la portion terminale de l'intestin.

- au bout de 30 heures, elles se redressent et possèdent une ébauche de nageoire pectorale.

- au troisième jour elles se déplacent à la surface de l'eau avec une inclinaison de 45°. Elles deviennent sensibles au toucher et

Leurs yeux se pigmentent.

- le cinquième jour la bouche s'ouvre et se met en communication avec l'intestin qui se dilate.

- le dixième jour les appareils digestifs, respiratoires et circulatoires sont fonctionnels, la taille est d'environ 5 mm.

- le quinzième jour la vésicule vitelline est complètement résorbée, l'animal doit donc obligatoirement se nourrir pour subsister.

Ensuite, la croissance dépend des conditions de milieu, de l'alimentation et du lot considéré. C'est à une taille de 57 mm qu'elles auront la même organisation et les mêmes proportions que l'adulte. A partir de cette longueur, le stade larvaire est donc fini.

La taille de commercialisation correspond à un poids moyen de 1 gramme, qui est obtenu généralement en 3 à 4 mois. A cet âge, la résistance est plus élevée et permet le transfert dans d'autres exploitations spécialisées dans le grossissement.

2° Conditions d'élevage

Les bassins sont carrés en matière plastique d'un volume de 10 à 15 m³ ce qui permet le contrôle de la totalité de la population.

La température va augmenter de 15 à 20° C en une quinzaine de jours pour ensuite prendre la valeur générale de 23 à 25° C. L'éclairage est continu. Il est assuré par des tubes horticoles placés au-dessus de l'eau à une distance de 2 m.

L'aération est faite d'une part par le renouvellement de l'eau et d'autre part par les diffuseurs en substance poreuse.

La charge est donnée par le taux d'éclosion et le nombre d'oeufs mis en incubation. Une valeur au départ de 50 larves par litre est bonne, la densité diminuant par la suite du fait de la mortalité importante.

3° L'alimentation

L'alimentation constitue le point délicat de cette phase de l'élevage. Leurs larves se déplacent très peu, les mouvements, produits par de brutales contractions, n'entraînent pratiquement

que des rotations sur elles-mêmes. Dans ces conditions, l'aliment doit être réparti régulièrement dans la totalité du bassin afin d'assurer la prise alimentaire de toutes les larves et pour ne pas imposer des dépenses énergétiques supérieures à l'apport. La concentration obtenue doit être de l'ordre de 1 proie par cm³. La distribution manuelle permet un meilleur contrôle du comportement de la population et la détection d'animaux malades en vue de leur isolement.

A ce stade de croissance, on distribue des proies vivantes dont l'appétance et la taille correspond mieux aux besoins qu'une alimentation inerte et deshydratée. Il va falloir installer une véritable chaîne biologique constituée de phytoplancton et de zooplancton.

a) Élevage de rotifères

On utilise le plus fréquemment l'espèce *Brachionus plicatilis* qui vit à l'origine dans l'eau douce mais s'adapte très bien à l'eau salée. Sa petite taille 150 à 200 microns permet l'alimentation des jeunes larves. Sa multiplication en eau salée chaude est du mode parthénogénétique ; elle donne naissance à des cultures de forte concentration de l'ordre de 200 individus par ml.

b) Élevage de crustacés

On utilise presque exclusivement un Branchiopode : *Artemia salina*. On trouve dans le commerce des oeufs embryonnés conservés à sec, d'origine généralement américaine. La culture se fait en eau à 30° fortement oxygénée et agitée. L'éclosion s'observe au bout de 30 à 48 heures et donne naissance à une larve nauplius de 400 à 500 microns, qui va elle-même se transformer en larve métanauplius puis en adulte.

c) culture du phytoplancton

Les algues vertes ont une croissance exponentielle lorsque l'eau de culture est suffisamment chaude, aérée et éclairée. On élève le plus souvent l'espèce *Tetraselmis succica* qui sert à nourrir le zoo plancton.

d) conduite pratique

La chaîne alimentaire ainsi constituée permet de subvenir aux besoins qualitatifs et quantitatifs des larves du 5° jour, date à laquelle la bouche s'ouvre, au 60° jour, date à laquelle les animaux plus résistants peuvent s'adapter à une nourriture inerte. On distribue :

- du 5° au 10° jour uniquement des rotifères en quantité croissante,
- du 10° au 15° jour on remplacera progressivement les rotifères par les larves nauplius d'Artemia,
- du 15° au 30° jour uniquement des larves d'Artemia,
- du 30° au 60° jour un mélange de larves et d'adultes d'Artemia.

Puis on passe progressivement à une alimentation artificielle.

La quantité distribuée doit permettre une répartition homogène dans tous les bassins. Il faut éviter l'excès d'aliment qui entraîne une pollution de l'eau. On donne comme valeurs indicatives :

- 100 à 200 rotifères pour une larve entre 10 et 15 jours
- 400 larves nauplius d'Artemia pour une larve au 26° jour
- 400 Artemia adultes à 50 jours.

4° Les résultats obtenus

Malgré les bonnes conditions d'élevage, cette phase est celle où la mortalité est de loin la plus élevée puisqu'elle atteint souvent 50 %. Malheureusement les progrès à effectuer dans ce domaine paraissent bien difficiles, le seul espoir réside dans un strict maintien des divers paramètres de l'élevage et dans la meilleure connaissance de la physiopathologie de ce stade.

La mortalité larvaire se répartit en 3 périodes :

- la première, entre 2 et 6 jours après l'éclosion, est due à des malformations héréditaires ou à des défauts de maturité embryonnaire. L'induction hormonale semble favoriser l'apparition de ces anomalies.

- la deuxième, du 11° au 18° jour, correspond à l'épuisement des réserves vitellines et au début de l'alimentation. Le taux de mortalité est alors très important quelles que soient

- la troisième, entre le 20° et le 30° jour est liée à de profondes transformations physiologiques. Les soins de l'éleveur et l'alimentation influencent beaucoup le taux de survie et de croissance à cette période.

E/ LE GROSSISSEMENT

Cette phase est celle qui présente le moins de problèmes techniques. Elle a pour but de fournir des animaux portions de 250 à 300 g mais aussi des individus sélectionnés pour la reproduction.

1° Croissance et évolution

Nous avons vu précédemment comment la température favorisait la croissance à ce stade. Dans les conditions de l'élevage, on peut fournir des animaux de 250 g en 14 à 16 mois en production intensive à 24-25° C alors que l'obtention de tels individus demande au minimum 2 ans et demi en milieu naturel.

Le facteur de conversion est très bon jusqu'à la période de maturité sexuelle.

2° Les bassins d'élevage

Ils sont actuellement cylindriques, de 6 m de diamètre pour 1,50 m de profondeur, en matière plastique pour permettre un meilleur nettoyage. L'arrivée d'eau se fait de façon continue sur le bord et tangentiellement afin d'imprimer un léger mouvement de rotation à l'ensemble. L'évacuation se fait au centre par un système de trop plein.

La taille des bassins n'est limitée que par la place disponible et le coût des installations. La tendance actuelle est de 300 à 400 m³ car les animaux à ce stade demandent moins de surveillance.

Au Japon, des élevages ont lieu en cages flottantes dans des baies naturelles alimentées en eau chaude par des centrales atomiques. Le facteur limitant est alors la production d'eau qui peut atteindre 200 m³/s à la sortie de telles centrales.

3° Charge et alimentation

La charge préconisée est de 15 kg par m³. Des essais ont lieu avec 30 kg par m³ mais des phénomènes de malnutrition et de cannibalisme apparaissent alors. On utilise actuellement le même aliment que celui des reproducteurs en attendant de trouver dans le commerce des aliments mieux adaptés.

La quantité distribuée est variable, elle représente en général 5 à 7 % du poids vif. La prise alimentaire doit s'effectuer rapidement, l'excédent est récupéré avec des épuisettes. La voracité est un élément très important à examiner pour détecter précocement les troubles pathologiques.

Le calcul hebdomadaire du taux de conversion permet de suivre l'élevage, il doit être compris entre 1,2 et 1,5 pour l'aliment considéré.

4° Les résultats obtenus

Le taux de mortalité peut être inférieur à 2 % mais lors d'épidémie, il faut noter une très grande morbidité pouvant dépasser 2/3. L'instauration de mesures prophylactiques basées sur l'utilisation périodique de désinfectants appropriés et sur l'administration continue de petites doses d'antibiotiques devrait pouvoir éviter ces accidents.

Conclusion

Nous retiendrons que les phases de reproduction et de croissance larvaire sont les plus délicates à conduire. Dans tous les cas, le maintien de la température, dans une fourchette propre à chaque stade, influence très favorablement les rendements.

L'éclairage artificiel n'est utilisé actuellement que pour le stade larvaire, mais les expérimentations faites prouvent que son emploi pourrait être bénéfique dans tous les domaines. Son coût de revient freine sûrement son utilisation.

Chapitre V - PATHOLOGIE - THERAPEUTIQUE ET CONDUITE SANITAIRE

Dans ce chapitre, notre but n'est pas d'envisager toute l'Ichtyopathologie mais de noter les maladies diagnosticables les plus courantes et celles qui ne le sont pas mais dont l'évolution est rendue possible par les conditions de température et de charge.

Nous envisageons ensuite brièvement la thérapeutique et la prophylaxie à mettre en oeuvre.

A/ PATHOLOGIE

1° Température et réponse immunitaire

Les études de A.E. Ellis ont montré que le froid retarde ou abolit la formation des anticorps chez le poisson. Il existe une température seuil variable selon l'espèce en dessous de laquelle la réponse immunitaire ne se fait pas.

Seule la phase d'induction de la réponse immunitaire est modifiée alors que la libération des anticorps à partir des cellules plasmatiques se fait même en dessous de ce seuil.

Si le poisson a été en contact avec l'antigène dans un milieu suffisamment chaud, la réponse aura lieu plus tard même à basse température.

Il en résulte, dans notre cas précis, que les jeunes élevés en milieu réchauffé de l'ordre de 23 à 26° C acquièrent une bonne immunité durable. A l'état adulte ils ont une réponse immunitaire contre les antigènes connus, même lorsque le milieu d'élevage se refroidit, au moment de la reproduction par exemple.

2° Les infections virales

Le diagnostic virologique passe par la culture cellulaire sur des cellules de poisson et nécessite une technique élaborée, il est donc rarement établi précisément sur le site de l'élevage.

La contagion à l'ensemble des animaux est nettement favorisée par la charge très importante. Elle peut se faire entre individus de même âge, principalement par la peau, les branchies et le tractus intestinal. Elle se fait plus rarement par le tractus génito-urinaire et par l'oeil.

La transmission peut également avoir lieu des reproducteurs à leur descendance ce qui peut être très grave dans ce type d'élevage où la prolificité est très grande et où le nombre de géniteurs est réduit.

Toutes les causes de stress affaiblissant la réponse immunitaire, telles que les modifications de la température, de teneur en oxygène et les manipulations sont à éviter. Liversidge et Munro ont montré que dans le cas de la nécrose hématopoïétique infectieuse, par exemple, une élévation de la température du milieu d'élevage pouvait favoriser la lutte contre l'infection virale.

L'influence de la température et de la vie collective sur l'évolution d'une maladie virale a été faite à La Réunion par A. Rème dans un élevage de tortue verte. La maladie observée est l'herpès qui va nous servir de modèle. Il s'agit d'une maladie infectieuse, inoculable affectant les jeunes tortues et entraînant essentiellement des lésions cutanées.

La transmission et le mode de contamination sont inconnus. Les premiers symptômes apparaissent sur des animaux âgés de trois semaines au moins et l'incubation est inférieure ou égale à trois semaines.

On observe tout d'abord des zones de mortification de l'épiderme localisées préférentiellement sur la tête, le cou, les pattes et le cloaque. L'évolution se fait en général vers une guérison lente mais totale mais dans certains cas, la lésion peut s'infecter et donner naissance à une plaie souvent profonde. Rème émet l'hypothèse que toutes les jeunes tortues sont porteuses du virus mais qu'elles n'expriment la maladie que sous l'influence des facteurs température et densité.

Influence de la température

Les observations faites par Rème à La Réunion ont montré que les lésions les plus graves s'observaient lors des amplitudes maximales de variation journalière de la température de l'eau des bacs.

Il compara en effet cinq lots de tortues arrivant au même âge mais à des périodes différentes de l'année :

- les deux premiers lots arrivés pendant l'hiver ne présentèrent des lésions herpétiques que plusieurs mois après leur arrivée, au moment des fortes variations de température journalière de l'été austral.

- les trois derniers lots dont le grossissement débuta pendant l'été austral, présentèrent immédiatement des lésions graves d'herpes.

Haines, en Arizona, fit des études similaires sur quatre lots de tortues âgées toutes de 2 mois :

- lot 1 : maintenu à $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48 jours,

- lot 2 : soumis à une augmentation progressive de 25°C à 30°C à raison de 1°C par jour, puis laissé à 30°C pendant 3 jours, puis soumis à une décroissance progressive de la température jusqu'à 25°C ,

- lot 3 : soumis à la même élévation progressive de 25°C à 30°C mais maintenu par la suite à 30°C .

- lot 4 : il subit une élévation brutale de température de 25°C à 30°C puis il est maintenu à 30°C pendant 4 jours, puis est soumis à un abaissement brutal à 25°C .

Les lots 3 et 4 présentèrent des lésions plus graves et plus précoces que le lot 1 maintenu à une température constante moyenne, ou que le lot 2 qui n'a subi qu'une élévation transitoire de température. De cette expérience nous devons retenir l'influence du choc thermique.

Une température trop élevée semble dans cette expérience faciliter l'attaque du virus herpétique. Mais à la Réunion, l'élevage a lieu actuellement à une température maintenue au dessus de $26,5^{\circ}\text{C}$ et on n'observe pas une morbidité accrue.

L'inconvénient d'une forte température face à cette affection virale semble en fait consécutif d'une forte agressivité et d'une agitation accrue. Le mécanisme immunitaire non spécifique, variable en intensité avec la température : Galland a en effet noté que les titres en lysozyme doublent ou triplent en été chez les poissons et la phagocytose s'accélère. Comme nous l'avons vu précédemment la température influence aussi la réponse immunitaire spécifique.

Influence de la vie collective

L'isolement d'un animal malade pendant 8 à 30 jours suffit pour entraîner la guérison complète. La forte charge en animaux entraîne des stress et une hiérarchie au sein de la population qui prédispose les animaux dominés à l'attaque par le virus herpétique.

Nous retiendrons de cet exemple que les chocs thermiques et la trop forte charge des bassins facilitent nettement l'attaque par le virus.

Une température supérieure à la température zootechnique optimale est aussi néfaste mais ceci paraît surtout lié à l'agressivité et l'agitation des animaux élevés dans ces conditions.

3° Les maladies bactériennes

La flore bactérienne du poisson est le reflet de celle de l'eau dans laquelle il vit complétée de quelques parasites obligatoires. L'eau fortement chargée en particules organiques et maintenue à 25° C est un très bon milieu de culture. La majorité des microbes pathogènes sont des bacilles gram négatif.

Les vibrioses décrites sous le nom de "peste rouge" dans les élevages de Salmonidés sont des maladies les plus graves et les plus répandues pour les poissons marins aussi bien en milieu naturel qu'en élevage intensif. Elles entraînent soit des septicémies aiguës, soit des ulcères dermiques associés à la nécrose de la queue.

Nous envisagerons ensuite d'autres maladies décrites dans les élevages de Dorades de Bars et de Mulets : l'épithéliocystis, la maladie de la "tête blanche", et la maladie de la "tête rouge".

a) Septicémie aiguë

C'est la cause la plus fréquente de mortalité dans les élevages de Daurades, Bars, Mulets ou Tilapias.

Les études faites par Papernaet Ross en mer rouge ont montré que sur 100 cas de septicémie aiguë 93 étaient dus en partie à des *Vibrio* marins parmi lesquels on a identifié :

- *Vibrio anguillarum* présent dans 70 % des cas
- *Vibrio alginolyticus*,
- *Vibrio parahaemolyticus*.

On a mis aussi en évidence, dans quelques cas, des *Pseudomonas* et des *Aeromonas*. Dans la majorité des cas, des Myxobactéries étaient associées dans les lésions.

Cette maladie touche les espèces élevées en captivité à tout âge mais elle est beaucoup plus dangereuse pendant le grossissement et l'élevage larvaire. Les jeunes présentent une baisse d'activité et d'alimentation, un assombrissement de la coloration, des pétéchies hémorragiques sur la tête.

Chez l'adulte, elle provoque un gonflement de l'animal, un assombrissement général et une mort subite. L'autopsie montre une tuméfaction et des hémorragies sur la rate, les reins et le péritoine. D'après Richards et Roberts, cette maladie fréquente se déclare en dessous d'un seuil thermique, variable selon les espèces, compris entre 11 et 16° C. D'après cette observation on ne devrait observer dans notre cas, cette maladie que chez les adultes reproducteurs en période de ponte.

Il apparaît qu'au contraire on observe cette forme aiguë presque uniquement chez les jeunes poissons pourtant maintenus à 22-24° C.

Dans le cas de Martigues, l'éleveur a en effet noté une forte mortalité par vibriose septicémique aiguë chez les jeunes de moins de 10 cm. Chez les adultes, il n'a eu que quelques cas d'ulcères dermiques. De plus, dans ces derniers cas, un traitement à base de Nitrofurazone à la dose de 20 à 50 ppm/l pendant 6 heures ou d'oxytétracycline à dose de 4 g par 100 kg de poids vif, donnait des résultats très satisfaisants.

Le traitement, avec de la nitrofurazone, des formes septicémiques chez les jeunes donne par contre des résultats nettement moins bons : la mortalité peut en effet toucher 30 à 40 % de l'effectif.

La société acuigrup a fait des études de la vibriose en Espagne, dans des élevages de Mulets, Daurades et Bars. Ces expériences se sont déroulées dans un lac salé du sud de l'Espagne et ont montré l'apparition de la maladie au mois de mai : c'est-à-dire au moment de l'augmentation progressive de la température qui est de 15° C pendant l'hiver et de 20° C à partir du mois d'avril.

Les observations effectuées à Martigues et en Espagne semblent contradictoires avec les données de Richards et Roberts. Nous retiendrons de ceci que la septicémie hémorragique due à des vibrios est particulièrement dangereuse pendant les premières phases de croissance, et que la température élevée du milieu ainsi que la forte concentration en animaux favorisent l'apparition et la contagion de la maladie.

b) Ulcérations dermiques et nécrose de la queue

Cette maladie est due également à des *Vibrio* associés à des *Myxobactéries*. Paperna la décrit chez les poissons élevés en captivité pendant la première phase du grossissement.

Les ulcérations cutanées apparaissent sur tout le corps et les nageoires, principalement sur la nageoire caudale qui se nécrose progressivement.

Chez les jeunes, il s'agit d'une épizootie entraînant rapidement une mortalité forte. Chez les animaux plus âgés, le cas des reproducteurs à Martigues par exemple, l'affection est sporadique entraînant une mortalité faible et que l'on peut traiter avec un mélange de Nitrofurazone et d'oxytétracycline.

c) Autres maladies bactériennes

L'*Epithéliocystis* se caractérise par l'apparition de kystes au niveau des branchies. Cette affection sporadique bénigne touche les jeunes en pré-grossissement. Elle est due à un germe voisin de *Chlamydia*.

La "maladie de la tête blanche" est due à des bactéries gram négatives, elle est épizootique et sévit lors du grossissement. Elle entraîne généralement de la mortalité.

La "maladie de la tête rouge", d'origine inconnue, se manifeste par l'apparition d'hémorragies sous-cutanées principalement sur la tête. Il s'agit d'une infection épizootique entraînant toujours une forte mortalité.

La nécrose de la queue, des nageoires et des branchies est due à une affection aiguë entraînant une forte mortalité commune à tous les âges. Elle est due à l'infection par des *Flexibacter* (*Myxobactéries*).

4° Les maladies parasitaires

Le développement des organismes parasites est nettement favorisé par trois facteurs :

- la température élevée,
- la forte concentration en animaux qui favorise le stress les érosions cutanées et les contacts entre animaux,
- le recyclage d'une grande quantité d'eau ce qui permet le développement complet des parasites.

A ceux-ci il faut ajouter l'introduction d'un parasite provenant du lieu de pompage de l'eau, mais qui, en fait, provoque peu de morbidité. Il est à noter que les conditions d'élevage existant dans ce type d'installation peuvent rendre pathogènes certains parasites qui ne le sont pas dans des conditions normales.

a) Les maladies fongiques

Elles sont dues à des Saprolegnia (Phycomycètes), elles touchent plus particulièrement les élevages de Mulets et de Tilapias. Les saprolègnes ne sont normalement pas des parasites obligatoires, mais ils le deviennent avec les conditions de milieu particulier à l'élevage intensif.

Sniesko a décrit leur apparition à la fin de l'automne et en hiver en Israël lorsque la température descend en dessous de 15°C. Il apparaît qu'une température élevée est néfaste pour le développement du champignon, mais que des variations brusques peuvent entraîner l'apparition de la maladie notamment lors du prégrossissement.

Dans ce cas, on observe des symptômes aigus, et dans tous les cas de la mortalité au sein de l'effectif. La salinité de l'eau intervient aussi sur la pathogénie : un mélange trop important avec de l'eau douce favorise l'évolution des lésions.

b) Les protozoaires

température de l'eau	nombre de jours nécessaires au développement complet
10° C	21 jours (11 à 30 j)
15° C	7 jours (3 à 11 j)
20° C	5 jours (3 à 10 j)

Tableau 4 : durée du cycle complet d'*Ichthyophthirius multifiliis* en fonction de la température de l'eau. (d'après Sniesko et Axebrød)

température de l'eau	Taille adulte
10° C	0,85 mm
20° C	0,50 mm

tableau 5 : taille d'*Ichthyophthirius multifiliis* en fonction de la température de l'eau (d'après Sniesko et Axelrod).

Nombre d'infestations	Nombre de poissons
non réinfestés	40
réinfestés seulement 1 fois	55
" " 2 fois	34
" " 3 fois	18
" " 4 fois	2
" " 5 fois	3
" " 8 fois	8
Total	160

tableau 6 : infestation répétée des carpes exposées à une infestation par *Ichthyophthirius* (d'après Sniesko et Axelrod)

Ichthyophthiriose

Cette maladie due à *Ichthyophthirius multifiliis* apparaît normalement à une température inférieure à 20° C, mais si les conditions d'hygiène sont mauvaises, elle peut apparaître à des températures plus élevées.

Sniesko l'a décrite en Israël sur des élevages de mulets et de Tilapia. Le parasite est très sensible à des teneurs en oxygène faibles, ce que l'on rencontre l'été en élevage traditionnel, ou lors de surcharge en élevage intensif. Elle touche toutes les parties du corps en même temps, et plus particulièrement la tête.

Des travaux de laboratoire ont montré que le cycle complet du parasite et la taille de celui-ci dépendaient beaucoup de la température. Les résultats de ces observations sont portés sur les tableaux 4 et 5. Des études sont actuellement menées pour étudier une immunisation partielle des poissons à ce parasite. Pour cela on a soumis un lot de 160 carpes à des infestations répétées. Chaque animal infesté était traité par le vert malachite, examiné sous microscope et réexposé après 3 à 6 jours.

Les résultats (tableau 6) montrent que 80 pour cent des individus sont infestés au plus deux fois pendant l'expérience, et s'immunisent correctement contre l'attaque du parasite.

Il faut retenir que de mauvaises conditions d'hygiène permettent le développement de l'Ichthyophthiriose au sein d'un élevage en eau réchauffée, et que dans ce cas, le développement du parasite est très rapide et très dangereux pour l'ensemble de l'effectif.

Les Trichodines

Ce sont des ciliés qui infestent aussi bien les poissons en milieu naturel qu'en élevage. Dans ce dernier cas elle touche essentiellement les alevins. Ils provoquent une épizootie entraînant de la morbidité mais peu de mortalité dans l'élevage.

Les symptômes sont de l'anorexie et des ulcérations au niveau de la peau et des branchies. Une teneur en oxygène trop faible favorise l'évolution de la maladie et le cycle du parasite.

En cas d'infestation massive on peut observer une forte mortalité chez les alevins. Dans tous les cas, la perte économique pour l'éleveur est grande du fait de la propagation rapide de cette maladie au sein de tout l'effectif d'alevins.

Autres protozoaires

D'autres protozoaires moins fréquents peuvent être rencontrés :

- Colponema (flagellés) : il infeste les alevins en milieu naturel et en élevage et provoque des lésions au niveau des branchies. Au sein de l'élevage, cette maladie est généralement sporadique et bénigne.

- Amyloodinium ocellatum (Dinoflagellés) : il infeste les poissons à tout âge en élevage et provoque des lésions cutanées et au niveau des branchies. Touchant un nombre important d'individus, elle entraîne toujours une forte mortalité.

- Myxobolus (Myxosporidies) : il infeste les alevins en milieu naturel et surtout les animaux sauvages en captivité et entraîne des lésions au niveau du foie, des mésentères et des viscères.

- Haemogregarina (Sporozoaires) : les jeunes poissons en prégrossissement et spécialement la Daurade sont sensibles et montrent des lésions au niveau des reins, du foie et de l'intestin. Il s'agit d'une maladie chronique sporadique et bénigne n'entraînant que peu de perte.

c) Les Trématodes

Les plus importants en élevage intensif dans de bonnes conditions d'hygiène sont les Trématodes monogènes.

Gyrodactylus (Gyrodactylidae)

Ce sont de petits hématoles de 0,3 mm à 1 mm que l'on trouve souvent associés à Ichthyophthirius pour déterminer des ulcères cutanés, des lésions au niveau des nageoires et des branchies.

Ces symptômes se rencontrent sur les alevins sauvages ou élevés, la mortalité est faible si les conditions d'hygiène sont respectées. Cette maladie est sporadique.

Microcotyle labraxis (Microcotylidae)

Il détermine chez les jeunes poissons en cours de grossissement des lésions au niveau des branchies. Cette maladie est sporadique et bénigne.

Diplectanum aequius (Diplectanidae)

Il provoque chez les poissons de tout âge des lésions branchiales. Cette maladie peut prendre un caractère épizootique en élevage avec une mortalité assez forte.

Trématodes digènes

Des parasites contenus au stade larvaire dans le poisson sont potentiellement dangereux pour l'homme qui consomme ces poissons à l'état cru ou insuffisamment cuits. Ce sont généralement des Trématodes dont l'hôte final est un mammifère carnivore. Ils engendrent des lésions au niveau du foie, des muscles et des viscères des poissons. C'est une maladie sporadique bénigne très difficile à traiter.

d) Les Copépodes parasites

Les copépodes sont dangereux en élevage intensif car ils entraînent généralement une épizootie difficile à arrêter.

Le plus fréquent est *Caligus minimus* (caligidae) responsable de lésions au niveau de la cavité orale des poissons en fin de grossissement. Il s'en suit une mauvaise prise alimentaire et parfois la mort.

D'autres copépodes tels que *Lernanthropus nordmanni* et *Colobonratus labrachis* provoquent des lésions bénignes sur les branchies et les opercules, sur les animaux en cours de grossissement.

5° Les autres maladies

a) Excès d'éclairage

Dans les bassins peu profonds, la couche d'eau qui protège les poissons contre les rayons infrarouges est faible. Dans le cas d'une photopériode trop longue mais surtout d'une intensité d'éclairage trop forte, il apparaît de véritables "coups de soleil".

Ceux-ci se caractérisent par l'apparition au sommet du crâne de lésions focales, grises, généralement circulaires. Ensuite ces érosions s'ulcèrent pour former des plaies qui vont rapidement s'infecter. Des cas de photosensibilisation alimentaire ont été décrits.

b) Autointoxication

Une élévation brutale de la température peut entraîner une surcharge des organes responsables du métabolisme. Le système de transport des gaz respiratoires est alors insuffisant. On observe alors une véritable autointoxication de l'animal consécutif à l'excès des éléments du catabolisme qui ne sont plus excrétés et à l'insuffisance en oxygène au niveau des tissus.

c) Maladie des "bulles de gaz"

Elle est due à une sursaturation de l'eau en oxygène ou en azote. Le mécanisme assez mal connu est voisin de celui des accidents humains lors des plongées sous-marines.

Chez les alevins, des bulles de gaz sont visibles sous la peau, dans la vésicule vitelline et au bord des nageoires. Chez l'adulte, des bulles apparaissent dans la peau, les yeux, les branchies, la vessie natatoire et le péritoine viscéral. L'animal devient aveugle et sa peau s'assombrit. Il y a un oedème au niveau de la muqueuse buccale, intestinale et des lamelles branchiales. Des altérations des cellules rénales, hépatiques et musculaires sont souvent associées.

La réversibilité du phénomène dépend de la taille des malades, de l'ancienneté et du degré de sursaturation gazeuse de l'eau. L'apparition de cette maladie est rendue possible par l'utilisation de pompes aspirantes à forte pression pour alimenter la station d'aquaculture.

B/ THERAPEUTIQUE ET CONDUITE SANITAIRE

Dans le cadre de l'Ichtyopathologie, l'administration des produits est difficile, elle doit toujours être précoce et d'une durée suffisante pour assurer un pronostic favorable.

Les conditions d'élevage augmentent beaucoup la contagiosité de ces maladies et entraînent rapidement des mortalités atteignant 30 à 50 % de l'effectif. C'est pourquoi il faut mettre l'accent sur les mesures prophylactiques, et le diagnostic précoce d'une maladie rendu possible par l'étude des courbes de croissance et des facteurs de conversion alimentaire.

Pour prévenir et pour traiter les diverses affections l'éleveur dispose de mesures hygiéniques d'une part, et de traitements médicamenteux d'autre part.

1° Les mesures hygiéniques

Elles sont très importantes dans ce type d'élevage car il y a souvent surcharge, suralimentation donc forte concentration en microorganismes. Elles ont deux buts : elles évitent l'introduction d'un germe et sa multiplication dans l'élevage, elles combattent une maladie déjà déclarée.

...

a) La désinfection

Dans ce cadre plusieurs méthodes sont possibles :

- l'assec : l'action des ultraviolets du soleil vont détruire les microorganismes et en particulier les virus ; une bonne désinfection demande environ 1 mois,
- l'eau de javel, titrant 12° chlorométriques est utilisée en solution à 5 % soit pour brosser les parois des bassins, soit dans les pédiluves,
- les ammoniums quaternaires (AMMO 4C Billaut) en solution à 50 % servent pour désinfecter le matériel métallique, les mains et les vêtements du personnel,
- la chaux vive à la dose de 200 à 500 g par mètre carré n'est employée que dans les bassins de terre ou les étangs.
- la soude en solution mouillante : on laisse à sec pendant 8 jours après la pulvérisation, on remet ensuite les bassins en eau pour un rinçage d'au moins 15 jours.
- traitement des oeufs : il se fait juste après fécondation ou au stade de l'oeil avec un Iodophore (Wescodyne) à la dose de 50 ppm. Le traitement se fait une seule fois pendant environ 10 minutes, il faut rincer au moins trois fois les oeufs.

b) La diète

L'élevage intensif a tendance à suralimenter les animaux pour obtenir un meilleur rendement. On peut respecter systématiquement une diète de 1 jour par semaine par mesure prophylactique.

Lors du déclenchement d'un grand nombre de maladies, la diète est à prescrire. Lors d'une affection branchiale, il faut réduire de moitié la ration, car les besoins en oxygène pour le métabolisme ne peuvent être satisfaits et ce pour une semaine.

2° Les traitements médicamenteux

Le mode d'administration peut se faire par bain, par mélange à la nourriture ou par injection.

Les bains servent essentiellement à lutter contre les ectoparasites et les maladies des branchies. On distribue par voie orale les médicaments qui traversent la paroi intestinale.

On peut employer ces produits en mesure prophylactique, par intermittence (par exemple un bain de formol et vert malachite tous les mois) ou en continu (par exemple antibiotique à faible dose mélangé à l'aliment). Ces produits peuvent aussi être utilisés à titre curatif. Les plus fréquents sont représentés dans le tableau suivant où la dose indiquée est curative :

Maladies	Traitement	Voie
Mycoses externes	Vert malachite 5 ppm	Bains
Ectoparasites	Formol 1/4000 (Protozoaires, métazoaires) Lindane (Arthropodes)	
Endoparasites	Quinacrine (Protistes intestinaux) Kamala (cestodes et Acantocéphales)	Voie orale
Bactérioses	Chloramphénicol 10 g/100 kg poids vif pendant 15 jours	
	Terramycine 75 mg/kg pv pendant 10 jours	
	Furazolidone 25 g/100 kg pv pendant 20 jours	
	Auréomycine 13 mg/l d'eau	Bains

De ce chapitre, nous retiendrons les rôles joués par la forte concentration animale et la température dans la propagation des maladies à l'ensemble de l'élevage. Les mesures prophylactiques et la bonne tenue de l'exploitation sont primordiales face à des traitements médicamenteux dont l'effet est variable.

Les conditions d'élevage peuvent rendre pathogènes des microorganismes et des parasites qui ne le sont pas en temps normal.

CONCLUSIONS

L'emploi des eaux réchauffées et d'un éclairage artificiel est d'un grand intérêt en aquaculture marine :

En modifiant les métabolismes, il accroît la vitesse de croissance et le taux de conversion des aliments distribués.

Il permet d'échelonner et de multiplier les saisons de ponte au cours de l'année, rentabilisant ainsi les installations coûteuses.

Il rend possible l'élevage d'espèces rares sous nos latitudes dont le prix commercial est élevé et dont les débouchés sont multiples autant pour l'alimentation que pour les industries pharmaceutiques.

On voit alors apparaître une pathologie complexe liée autant à l'élévation de la température qu'à l'intensification de la production. Les mesures d'hygiène et de prophylaxie, le maintien à un niveau constant de la température de l'eau sont les facteurs déterminants de la bonne marche de l'exploitation.

Une meilleure connaissance de la physiopathologie des animaux marins permettra, peut-être, de sélectionner des lignées ou des espèces plus résistantes aux agents pathogènes les plus fréquents.

Malgré le coût très important des installations, l'aquaculture marine en eau réchauffée a un avenir économique certain.

Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon.

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,

~~Vu :~~
LE DOYEN,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

Vu et permis d'imprimer

LYON, le

30 AVR. 1981

Pour le Président de l'Université LYON I
Le Premier Vice-Président,
Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales

BIBLIOGRAPHIE

1. Acuigrup, Acuicultura Bioter Vibriosis in Spain, its importance
for marine fish polycultures
CR. Bioter-biona 1979 8p.
2. Audousset D. Le Bar, zoologie et élevage
Thèse Doctorat vét. Maison-Alfort 1978
3. Barnabé G. Contribution à l'étude de la biologie du Loup
(Dicentrarchus labrax) de la région de Sète.
Thèse 3^e cycle, Université de Montpellier 1972.
4. Barnabé G., Paris J. Terreyre C. Première production significative de loups
portions d'élevage.
La pisciculture française 1977, 52 47-48
5. Beal J.P., Koenig J. Méthode graphique simple permettant de suivre
La marche d'une pisciculture
La pisciculture française 1979, 55 7-11
6. Budd J. et Roberts R.J. Les tumeurs chez les Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 105-114
7. Ceccaldi H.J. L'élevage des crustacés marins
La pisciculture française 1980, 59 18-21
8. Dorson M. La réponse immunitaire chez la truite et
quelques autres poissons osseux
C.R. Laboratoire Ichtyopathologie INRA 1972, 21p
9. Ellis A.E. Immunologie des Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 55-91
10. Ellis A.E., Roberts R.J. et Tytler P. Anatomie et physiologie des Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 13-54
11. Foulquier L Informations sur les travaux effectués au
centre nucléaire de Cadarache concernant l'u-
tilisation des eaux réchauffées
Héliosynthèse et aquaculture 1976, 245-256
12. Gousset J. et Tixerant G. Inspection des produits de la pêche
Informations techniques des directions des
services vétérinaires, 1969-70, n° 28-29-32

13. Gousset J. et Tixerant G. Pathologie des poissons d'eau douce
Informations techniques des directions
des services vétérinaires. 1973, n° 43 et 44
14. Grauby, Delmas, Foulquier, Guillermin Utilisation agricole des calories rejetées
par les centrales nucléaires
B.I.S.T. 1977, 222 71-73
15. Grauby, Delmas, Foulquier, Guillermin Eaux chaudes des centrales nucléaires et
agriculture.
Agriculture oct. 75 2p
16. Grauby, Descamps, Foulquier Données sur l'utilisation des eaux de réfri-
gération industrielles.
L'eau et l'industrie 1978, 27 50-58
17. Grauby, Descamps, Foulquier Etude d'utilisation des eaux réchauffées
en Anguilliculture.
Pisciculture française 1977, 49 26-36
18. Grauby, Descamps, Foulquier Etude expérimentale des possibilités d'utili-
sation des eaux réchauffées par les centrales
nucléaires pour la croissance des anguilles
CR Acadé. Agri. de France 1976 juin, 798-814
19. Kinkelin Ichtyopathologie générale
(1) CR Laboratoire Ichtyopathologie de l'INRA
1972 35p
20. Labourg P.J. Les réservoirs à poissons du bassin d'Arcachon
et l'élevage extensif des poissons euryhalins
La Pisciculture française 1976, 45 35-51
21. Lecomte J. Les carpes dans la basse-cour
Science et vie, 1980, 759 79-82
22. Ledoux O., Seltz J. Utilisation des basses calories en aquaculture
Héliosynthèse et aquaculture, 1976 257-263
23. Le Floc'h Y. Pollution bactériologique des eaux littorales
Thèse Doctorat vét. Toulouse 1978
24. Letombe F. De l'aquaculture. Description d'un élevage de
Dicentrarchus labrax et de Penaeus kératurus
Les hormones en aquaculture.
Thèse doctorat vét. Lyon 1978.
25. Leynaud G. Pollution des eaux
C.R. division qualité des eaux, pêche et
pisciculture du CERA FER 1972.

26. Liversidge J. et Munro A. Virologie des Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 105-114
27. Munro A. Le milieu aquatique
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 1-12
28. Paperna I. Diseases of Sparus Aurata in marine culture
at Eilat
Aquaculture 1977, 10, 195-213
29. Paperna I., Baudin-Laurencin F. Parasitic infectious of sea-bass
Dicentrarchus labrax and gilt head bream,
Sparus aurata, in mariculture.
facilities in France
Aquaculture 1979, 16, 173-175
30. Paperna I. et Martinez Gonzalez F. Check list of diseases, microbial and parasitic
pathogens diagnosed from cultured marine fish
in the mediterranean.
C.R. Hebrew University of Jerusalem 1979, 17p.
31. Penso G. Les maladies des poissons, des mollusques et
des crustacés.
Les produits de la pêche. Vigot ed. Paris
1953, 69-167
32. Popoff M. Bactérioses généralités. Aeromonas et aeromonoses
C.R. Laboratoire d'Ichtyopathologie de l'INRA
1972, 38p.
33. Popoff M. Les champignons Ichtyopathogènes
C.R. Laboratoire d'Ichtyopathologie de l'INRA
1972.
34. Poupard C.J. Thérapeutiques des maladies du poisson
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 267-274
35. Rème A. Quelques problèmes sanitaires et pathologiques
dans l'élevage intensif de la tortue marine
Le point vétérinaire. 11 51 1980, 57-64
36. Richards R.H. et Roberts R.I. Bactériologie des Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 183-204
37. Richards R.H. Mycologie des Téléostéens
Pathologie du poisson
Maloine ed. Paris 1979, 205-216

38. SARIG Diseases of fishes
Sniesko & Axelrod Ed. Tome 3, 127p.
39. Seltz J. Aquaculture en eau chaude
Héliosynthèse et aquaculture 1976, 266.
40. Kinkelin Virus et Viroses des poissons
C.R. Laboratoire Ichtyopathologie de l'INRA
1972. 53p.

